

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-266501

(P2001-266501A)

(43)公開日 平成13年9月28日 (2001.9.28)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
G 1 1 B 20/14	3 4 1	G 1 1 B 20/14	3 4 1 A 5 D 0 4 4
20/10	3 0 1	20/10	3 0 1 Z 5 J 0 6 5
20/18	5 3 4	20/18	5 3 4 Z
	5 4 2		5 4 2 C
H 0 3 M 7/14		H 0 3 M 7/14	B

審査請求 未請求 請求項の数92 O L (全 35 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-87129(P2000-87129)

(22)出願日 平成12年3月23日(2000.3.23)

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 宮内 俊之

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72)発明者 服部 雅之

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74)代理人 100067736

弁理士 小池 晃 (外2名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 データ記録装置及びデータ記録方法、データ再生装置及びデータ再生方法、並びに、データ記録再生装置及びデータ記録再生方法

(57)【要約】

【課題】 高性能の符号化及び高効率の復号を実現して復号誤り率を低下する。

【解決手段】 磁気記録再生装置50は、記録系において、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化器51と、この誤り訂正符号化器51から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替えるインターリーバ52と、このインターリーバ52から供給されたデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化器53と、この変調符号化器53から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替えるインターリーバ54とを備える。また、磁気記録再生装置50は、再生系において、少なくとも、入力したデータを復号する誤り訂正軟復号器と変調復号器とを2つのデインターリーバ及び2つのインターリーバを介して接続して構成されるチャンネル、変調及び誤り訂正ターボ復号器64を備える。

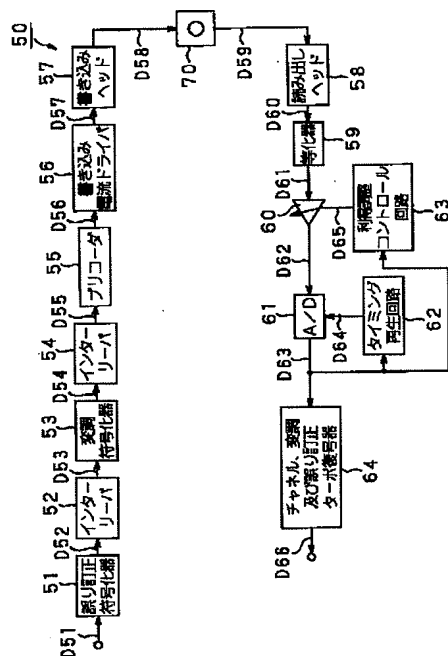


図1 磁気記録再生装置の構成ブロック図

**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 記録媒体に対してデータを記録するデータ記録装置であって、  
入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化手段と、

上記誤り訂正符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌手段と、

上記第1の攪拌手段から供給されたデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化手段と、

上記変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌手段とを備えることを特徴とするデータ記録装置。

【請求項2】 上記第2の攪拌手段から供給されたデータに対してチャンネル特性を補償するフィルタリングを施すプリコード手段を備えることを特徴とする請求項1記載のデータ記録装置。

【請求項3】 上記第1の攪拌手段は、上記誤り訂正符号化手段により符号化がなされたデータをビット単位で攪拌することを特徴とする請求項1記載のデータ記録装置。

【請求項4】 上記変調符号化手段は、上記第1の攪拌手段から供給されたデータに対して制約条件にしたがって符号化を行うことを特徴とする請求項1記載のデータ記録装置。

【請求項5】 上記第2の攪拌手段は、上記変調符号化手段により符号化がなされたデータを上記制約条件を満たすように攪拌することを特徴とする請求項4記載のデータ記録装置。

【請求項6】 上記変調符号化手段は、上記第1の攪拌手段から供給されたデータに対してブロック変調による符号化を行うことを特徴とする請求項4記載のデータ記録装置。

【請求項7】 上記第2の攪拌手段は、上記変調符号化手段によりブロック変調による符号化がなされたデータを変調符号ブロック単位で攪拌することを特徴とする請求項6記載のデータ記録装置。

【請求項8】 上記変調符号化手段は、上記第1の攪拌手段から供給されたデータに対して上記制約条件に対応するトレリスにしたがって符号化を行うことを特徴とする請求項4記載のデータ記録装置。

【請求項9】 上記第2の攪拌手段は、上記変調符号化手段により符号化がなされたデータを上記トレリスの変調符号ブロック単位で攪拌することを特徴とする請求項8記載のデータ記録装置。

【請求項10】 上記記録媒体は、磁気、光又は光磁気記録方式によりデータが記録されるものであることを特徴とする請求項1記載のデータ記録装置。

【請求項11】 記録媒体に対してデータを記録するデータ記録方法であって、  
入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正

符号化工程と、

上記誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌工程と、

上記第1の攪拌工程にて並べ替えられたデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化工程と、

上記変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌工程とを備えることを特徴とするデータ記録方法。

【請求項12】 上記第2の攪拌工程にて並べ替えられたデータに対してチャンネル特性を補償するフィルタリングを施すプリコード工程を備えることを特徴とする請求項11記載のデータ記録方法。

【請求項13】 上記第1の攪拌工程では、上記誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータをビット単位で攪拌することを特徴とする請求項11記載のデータ記録方法。

【請求項14】 上記変調符号化工程では、上記第1の攪拌工程にて並べ替えられたデータに対して制約条件にしたがって符号化を行うことを特徴とする請求項11記載のデータ記録方法。

【請求項15】 上記第2の攪拌工程では、上記変調符号化工程にて符号化がなされたデータを上記制約条件を満たすように攪拌することを特徴とする請求項14記載のデータ記録方法。

【請求項16】 上記変調符号化工程では、上記第1の攪拌工程にて並べ替えられたデータに対してブロック変調による符号化を行うことを特徴とする請求項14記載のデータ記録方法。

【請求項17】 上記第2の攪拌工程では、上記変調符号化工程にてブロック変調による符号化がなされたデータを変調符号ブロック単位で攪拌することを特徴とする請求項16記載のデータ記録方法。

【請求項18】 上記変調符号化工程では、上記第1の攪拌工程にて並べ替えられたデータに対して上記制約条件に対応するトレリスにしたがって符号化を行うことを特徴とする請求項14記載のデータ記録方法。

【請求項19】 上記第2の攪拌工程では、上記変調符号化工程にて符号化がなされたデータを上記トレリスの変調符号ブロック単位で攪拌することを特徴とする請求項18記載のデータ記録方法。

【請求項20】 上記記録媒体として、磁気、光又は光磁気記録方式によりデータが記録されるものを用いることを特徴とする請求項11記載のデータ記録方法。

【請求項21】 入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化手段と、上記誤り訂正符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌手段と、上記第1の攪拌手段から供給されたデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化手段と、上記変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌手段とを備え、記録媒体

に対してデータを記録する記録機器により記録されたデータを再生するデータ再生装置であって、上記第2の攪拌手段により並べ替えられたデータのビット配列を、上記変調符号化手段により符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える第1の逆攪拌手段と、

上記第1の逆攪拌手段から供給されたデータを変調復号する変調復号手段と、上記第2の攪拌手段と同一の攪拌位置情報に基づいて、上記変調復号手段から出力されたデータと上記第1の逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第3の攪拌手段と、

上記第1の攪拌手段により並べ替えられたデータのビット配列を、上記誤り訂正符号化手段により符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える第2の逆攪拌手段と、

上記第2の逆攪拌手段から供給されたデータに対して誤り訂正符号の復号を行う誤り訂正復号手段と、

上記第1の攪拌手段と同一の攪拌位置情報に基づいて、上記誤り訂正復号手段から出力されたデータと上記第2の逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第4の攪拌手段とを備えることを特徴とするデータ再生装置。

【請求項22】 上記記録機器は、上記第2の攪拌手段から供給されたデータに対してチャネル特性を補償するフィルタリングを施すプリコード手段を備えており、チャネル応答に対する復号を行うチャネル復号手段を備えることを特徴とする請求項21記載のデータ再生装置。

【請求項23】 上記チャネル復号手段は、軟入力 of 的信号を入力し、軟出力復号を行うことを特徴とする請求項22記載のデータ再生装置。

【請求項24】 上記チャネル復号手段は、軟入力 of 的信号を入力し、チャネル応答に対応するトレリスに基づいて軟出力復号を行うことを特徴とする請求項22記載のデータ再生装置。

【請求項25】 上記第1の逆攪拌手段は、上記チャネル復号手段により復号がなされたデータと上記第3の攪拌手段により並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替え、  
上記第2の逆攪拌手段は、上記変調復号手段により復号がなされたデータと上記第4の攪拌手段により並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替え、

上記誤り訂正復号手段と上記変調復号手段と上記チャネル復号手段との間で繰り返し復号を行うことを特徴とする請求項23記載のデータ再生装置。

【請求項26】 上記変調復号手段は、軟入力 of 的信号を入力するとともに、軟出力 of 的信号を出力することを特徴とする請求項21記載のデータ再生装置。

【請求項27】 上記変調符号化手段は、上記第1の攪拌手段から供給されたデータに対して制約条件にしたがって符号化を行うものであり、

上記変調復号手段は、上記制約条件に対応した復号を行うことを特徴とする請求項21記載のデータ再生装置。

【請求項28】 上記第2の攪拌手段は、上記変調符号化手段により符号化がなされたデータを上記制約条件を満たすように攪拌するものであることを特徴とする請求項27記載のデータ再生装置。

【請求項29】 上記変調符号化手段は、上記第1の攪拌手段から供給されたデータに対してブロック変調による符号化を行うものであることを特徴とする請求項27記載のデータ再生装置。

【請求項30】 上記変調復号手段は、  
上記変調符号化手段から出力される各出力符号語に対して設けられ、上記各出力符号語の尤度値を算出する尤度算出手段を有し、

上記尤度算出手段により算出された尤度値を用いて、上記変調符号化手段に入力された入力ビット及び上記変調符号化手段から出力された出力ビットに対する軟判定値である事後確率情報を求めることを特徴とする請求項29記載のデータ再生装置。

【請求項31】 上記変調復号手段は、上記制約条件に対応するトレリスに基づいて復号を行うことを特徴とする請求項29記載のデータ再生装置。

【請求項32】 上記第2の攪拌手段は、上記変調符号化手段によりブロック変調による符号化がなされたデータを変調符号ブロック単位で攪拌するものであり、  
上記第1の逆攪拌手段は、入力したデータを上記変調符号ブロック単位で攪拌し、

上記第3の攪拌手段は、上記変調復号手段から出力されたデータと上記第1の逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータを上記変調符号ブロック単位で攪拌することを特徴とする請求項29記載のデータ再生装置。

【請求項33】 上記変調符号化手段は、上記第1の攪拌手段から供給されたデータに対して上記制約条件に対応するトレリスにしたがって符号化を行うものであり、  
上記変調復号手段は、上記制約条件に対応するトレリスに基づいて復号を行うことを特徴とする請求項27記載のデータ再生装置。

【請求項34】 上記第2の攪拌手段は、上記変調符号化手段により符号化がなされたデータを上記トレリスの変調符号ブロック単位で攪拌するものであり、  
上記第1の逆攪拌手段は、入力したデータを上記トレリスの変調符号ブロック単位で攪拌し、

上記第3の攪拌手段は、上記変調復号手段から出力されたデータと上記第1の逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータを上記トレリスの変調符号ブロック単位で攪拌することを特徴とする請求項33

記載のデータ再生装置。

【請求項35】 上記変調復号手段は、BCJRアルゴリズム又はSOVAアルゴリズムに基づく軟出力復号を行うことを特徴とする請求項26記載のデータ再生装置。

【請求項36】 上記誤り訂正復号手段は、軟入力信号を入力し、入力した軟入力信号に対して誤り訂正符号の軟復号を行うことを特徴とする請求項21記載のデータ再生装置。

【請求項37】 上記第1の撹拌手段は、上記誤り訂正符号化手段により符号化がなされたデータをビット単位で撹拌するものであり、

上記第2の逆撹拌手段は、入力したデータを上記ビット単位で撹拌し、

上記第4の撹拌手段は、上記誤り訂正復号手段から出力されたデータと上記第2の逆撹拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータ上記ビット単位で撹拌することを特徴とする請求項21記載のデータ再生装置。

【請求項38】 上記記録媒体は、磁気、光又は光磁気記録方式によりデータが記録されるものであることを特徴とする請求項21記載のデータ再生装置。

【請求項39】 入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化工程と、上記誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を撹拌して並べ替える第1の撹拌工程と、上記第1の撹拌工程にて並べ替えられたデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化工程と、上記変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を撹拌して並べ替える第2の撹拌工程とを備え、記録媒体に対してデータを記録する記録方法により記録されたデータを再生するデータ再生方法であって、

上記第2の撹拌工程にて並べ替えられたデータのビット配列を、上記変調符号化工程にて符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を撹拌して並べ替える第1の逆撹拌工程と、

上記第1の逆撹拌工程にて並べ替えられたデータを変調復号する変調復号工程と、

上記第2の撹拌工程と同一の撹拌位置情報に基づいて、上記変調復号工程にて復号がなされたデータと上記第1の逆撹拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を撹拌して並べ替える第3の撹拌工程と、

上記第1の撹拌工程にて並べ替えられたデータのビット配列を、上記誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を撹拌して並べ替える第2の逆撹拌工程と、

上記第2の逆撹拌工程にて並べ替えられたデータに対して誤り訂正符号の復号を行う誤り訂正復号工程と、

上記第1の撹拌工程と同一の撹拌位置情報に基づいて、

上記誤り訂正復号工程にて復号がなされたデータと上記第2の逆撹拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を撹拌して並べ替える第4の撹拌工程とを備えることを特徴とするデータ再生方法。

【請求項40】 上記記録方法は、上記第2の撹拌工程にて並べ替えられたデータに対してチャネル特性を補償するフィルタリングを施すプリコード工程を備えており、

チャネル応答に対する復号を行うチャネル復号工程を備えることを特徴とする請求項39記載のデータ再生方法。

【請求項41】 上記チャネル復号工程では、軟入力信号を入力し、軟出力復号を行うことを特徴とする請求項40記載のデータ再生方法。

【請求項42】 上記チャネル復号工程では、軟入力信号を入力し、チャネル応答に対応するトレリスに基づいて軟出力復号を行うことを特徴とする請求項40記載のデータ再生方法。

【請求項43】 上記第1の逆撹拌工程では、上記チャネル復号工程にて復号がなされたデータと上記第3の撹拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を撹拌して並べ替え、

上記第2の逆撹拌工程では、上記変調復号工程にて復号がなされたデータと上記第4の撹拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を撹拌して並べ替え、

上記誤り訂正復号工程と上記変調復号工程と上記チャネル復号工程との間で繰り返し復号を行うことを特徴とする請求項41記載のデータ再生方法。

【請求項44】 上記変調復号工程では、軟入力信号を入力するとともに、軟出力信号を出力することを特徴とする請求項39記載のデータ再生方法。

【請求項45】 上記変調符号化工程では、上記第1の撹拌工程にて並べ替えられたデータに対して制約条件にしたがって符号化を行っており、

上記変調復号工程では、上記制約条件に対応した復号を行うことを特徴とする請求項39記載のデータ再生方法。

【請求項46】 上記第2の撹拌工程では、上記変調符号化工程にて符号化がなされたデータを上記制約条件を満たすように撹拌していることを特徴とする請求項45記載のデータ再生方法。

【請求項47】 上記変調符号化工程では、上記第1の撹拌工程にて並べ替えられたデータに対してブロック変調による符号化を行っていることを特徴とする請求項45記載のデータ再生方法。

【請求項48】 上記変調復号工程は、上記変調符号化工程にて生成されて出力される各出力符号語の尤度値を算出する尤度算出工程を有し、

上記変調復号工程では、上記尤度算出工程にて算出され

た尤度値を用いて、上記変調符号化工程にて入力された入力ビット及び上記変調符号化工程にて生成されて出力された出力ビットに対する軟判定値である事後確率情報を求めることを特徴とする請求項47記載のデータ再生方法。

【請求項49】 上記変調復号工程では、上記制約条件に対応するトレリスに基づいて復号を行うことを特徴とする請求項47記載のデータ再生方法。

【請求項50】 上記第2の撹拌工程では、上記変調符号化工程にてブロック変調による符号化がなされたデータを変調符号ブロック単位で撹拌しており、上記第1の逆撹拌工程では、入力したデータを上記変調符号ブロック単位で撹拌し、

上記第3の撹拌工程では、上記変調復号工程にて復号がなされたデータと上記第1の逆撹拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータを上記変調符号ブロック単位で撹拌することを特徴とする請求項47記載のデータ再生方法。

【請求項51】 上記変調符号化工程では、上記第1の撹拌工程にて並べ替えられたデータに対して上記制約条件に対応するトレリスにしたがって符号化を行っており、

上記変調復号工程では、上記制約条件に対応するトレリスに基づいて復号を行うことを特徴とする請求項45記載のデータ再生方法。

【請求項52】 上記第2の撹拌工程では、上記変調符号化工程にて符号化がなされたデータを上記トレリスの変調符号ブロック単位で撹拌しており、上記第1の逆撹拌工程では、入力したデータを上記トレリスの変調符号ブロック単位で撹拌し、上記第3の撹拌工程では、上記変調復号工程にて復号がなされたデータと上記第1の逆撹拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータを上記トレリスの変調符号ブロック単位で撹拌することを特徴とする請求項51記載のデータ再生方法。

【請求項53】 上記変調復号工程では、BCJRアルゴリズム又はSOVAアルゴリズムに基づく軟出力復号を行うことを特徴とする請求項44記載のデータ再生方法。

【請求項54】 上記誤り訂正復号工程では、軟入力信号を入力し、入力した軟入力信号に対して誤り訂正符号の軟復号を行うことを特徴とする請求項39記載のデータ再生方法。

【請求項55】 上記第1の撹拌工程では、上記誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータをビット単位で撹拌しており、上記第2の逆撹拌工程では、入力したデータを上記ビット単位で撹拌し、上記第4の撹拌工程では、上記誤り訂正復号工程にて復号がなされたデータと上記第2の逆撹拌工程にて並べ替

えられたデータとの差分値で与えられるデータ上記ビット単位で撹拌することを特徴とする請求項39記載のデータ再生方法。

【請求項56】 上記記録媒体として、磁気、光又は光磁気記録方式によりデータが記録されるものを用いることを特徴とする請求項39記載のデータ再生方法。

【請求項57】 記録媒体に対するデータの記録及び再生を行うデータ記録再生装置であって、上記記録媒体に対してデータを記録する記録系として、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化手段と、

上記誤り訂正符号化手段から供給されたデータの順序を撹拌して並べ替える第1の撹拌手段と、

上記第1の撹拌手段から供給されたデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化手段と、

上記変調符号化手段から供給されたデータの順序を撹拌して並べ替える第2の撹拌手段とを備え、

上記記録媒体に記録されているデータを再生する再生系として、

上記第2の撹拌手段により並べ替えられたデータのビット配列を、上記変調符号化手段により符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を撹拌して並べ替える第1の逆撹拌手段と、

上記第1の逆撹拌手段から供給されたデータを変調復号する変調復号手段と、

上記第2の撹拌手段と同一の撹拌位置情報に基づいて、上記変調復号手段から出力されたデータと上記第1の逆撹拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を撹拌して並べ替える第3の撹拌手段と、

上記第1の撹拌手段により並べ替えられたデータのビット配列を、上記誤り訂正符号化手段により符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を撹拌して並べ替える第2の逆撹拌手段と、

上記第2の逆撹拌手段から供給されたデータに対して誤り訂正符号の復号を行う誤り訂正復号手段と、

上記第1の撹拌手段と同一の撹拌位置情報に基づいて、上記誤り訂正復号手段から出力されたデータと上記第2の逆撹拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を撹拌して並べ替える第4の撹拌手段とを備えることを特徴とするデータ記録再生装置。

【請求項58】 上記記録系は、上記第2の撹拌手段から供給されたデータに対してチャネル特性を補償するフィルタリングを施すプリコード手段を備え、

上記再生系は、チャネル応答に対する復号を行うチャネル復号手段を備えることを特徴とする請求項57記載のデータ記録再生装置。

【請求項59】 上記チャネル復号手段は、軟入力信号を入力し、軟出力復号を行うことを特徴とする請求項58記載のデータ記録再生装置。

【請求項60】 上記チャネル復号手段は、軟入力信号

号を入力し、チャンネル応答に対応するトレリスに基づいて軟出力復号を行うことを特徴とする請求項5記載のデータ記録再生装置。

【請求項61】 上記第1の逆攪拌手段は、上記チャンネル復号手段により復号がなされたデータと上記第3の攪拌手段により並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替え、  
上記第2の逆攪拌手段は、上記変調復号手段により復号がなされたデータと上記第4の攪拌手段により並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替え、  
上記誤り訂正復号手段と上記変調復号手段と上記チャンネル復号手段との間で繰り返し復号を行うことを特徴とする請求項5記載のデータ記録再生装置。

【請求項62】 上記変調復号手段は、軟入力信号を入力するとともに、軟出力信号を出力することを特徴とする請求項5記載のデータ記録再生装置。

【請求項63】 上記変調符号化手段は、上記第1の攪拌手段から供給されたデータに対して制約条件にしたがって符号化を行い、  
上記変調復号手段は、上記制約条件に対応した復号を行うことを特徴とする請求項5記載のデータ記録再生装置。

【請求項64】 上記第2の攪拌手段は、上記変調符号化手段により符号化がなされたデータを上記制約条件を満たすように攪拌することを特徴とする請求項63記載のデータ記録再生装置。

【請求項65】 上記変調符号化手段は、上記第1の攪拌手段から供給されたデータに対してブロック変調による符号化を行うことを特徴とする請求項63記載のデータ記録再生装置。

【請求項66】 上記変調復号手段は、  
上記変調符号化手段から出力される各出力符号語に対して設けられ、上記各出力符号語の尤度値を算出する尤度算出手段を有し、  
上記尤度算出手段により算出された尤度値を用いて、上記変調符号化手段に入力された入力ビット及び上記変調符号化手段から出力された出力ビットに対する軟判定値である事後確率情報を求めることを特徴とする請求項65記載のデータ記録再生装置。

【請求項67】 上記変調復号手段は、上記制約条件に対応するトレリスに基づいて復号を行うことを特徴とする請求項65記載のデータ記録再生装置。

【請求項68】 上記第2の攪拌手段は、上記変調符号化手段によりブロック変調による符号化がなされたデータを変調符号ブロック単位で攪拌し、  
上記第1の逆攪拌手段は、入力したデータを上記変調符号ブロック単位で攪拌し、  
上記第3の攪拌手段は、上記変調復号手段から出力されたデータと上記第1の逆攪拌手段から出力されたデータ

との差分値で与えられるデータを上記変調符号ブロック単位で攪拌することを特徴とする請求項65記載のデータ記録再生装置。

【請求項69】 上記変調符号化手段は、上記第1の攪拌手段から供給されたデータに対して上記制約条件に対応するトレリスにしたがって符号化を行い、  
上記変調復号手段は、上記制約条件に対応するトレリスに基づいて復号を行うことを特徴とする請求項63記載のデータ記録再生装置。

【請求項70】 上記第2の攪拌手段は、上記変調符号化手段により符号化がなされたデータを上記トレリスの変調符号ブロック単位で攪拌し、  
上記第1の逆攪拌手段は、入力したデータを上記トレリスの変調符号ブロック単位で攪拌し、  
上記第3の攪拌手段は、上記変調復号手段から出力されたデータと上記第1の逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータを上記トレリスの変調符号ブロック単位で攪拌することを特徴とする請求項69記載のデータ記録再生装置。

【請求項71】 上記変調復号手段は、BCJRアルゴリズム又はSOVAアルゴリズムに基づく軟出力復号を行うことを特徴とする請求項62記載のデータ記録再生装置。

【請求項72】 上記誤り訂正復号手段は、軟入力信号を入力し、入力した軟入力信号に対して誤り訂正符号の軟復号を行うことを特徴とする請求項5記載のデータ記録再生装置。

【請求項73】 上記第1の攪拌手段は、上記誤り訂正符号化手段により符号化がなされたデータをビット単位で攪拌し、  
上記第2の逆攪拌手段は、入力したデータを上記ビット単位で攪拌し、  
上記第4の攪拌手段は、上記誤り訂正復号手段から出力されたデータと上記第2の逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータ上記ビット単位で攪拌することを特徴とする請求項5記載のデータ記録再生装置。

【請求項74】 上記記録媒体は、磁気、光又は光磁気記録方式によりデータが記録されるものであることを特徴とする請求項5記載のデータ記録再生装置。

【請求項75】 記録媒体に対するデータの記録及び再生を行うデータ記録再生方法であって、  
上記記録媒体に対してデータを記録する記録系として、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化工程と、  
上記誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌工程と、  
上記第1の攪拌工程にて並べ替えられたデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化工程と、  
上記変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序

を攪拌して並べ替える第2の攪拌工程とを備え、上記記録媒体に記録されているデータを再生する再生系として、

上記第2の攪拌工程にて並べ替えられたデータのビット配列を、上記変調符号化工程にて符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える第1の逆攪拌工程と、

上記第1の逆攪拌工程にて並べ替えられたデータを変調復号する変調復号工程と、

上記第2の攪拌工程と同一の攪拌位置情報に基づいて、上記変調復号工程にて復号がなされたデータと上記第1の逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第3の攪拌工程と、

上記第1の攪拌工程にて並べ替えられたデータのビット配列を、上記誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える第2の逆攪拌工程と、

上記第2の逆攪拌工程にて並べ替えられたデータに対して誤り訂正符号の復号を行う誤り訂正復号工程と、

上記第1の攪拌工程と同一の攪拌位置情報に基づいて、上記誤り訂正復号工程にて復号がなされたデータと上記第2の逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第4の攪拌工程とを備えることを特徴とするデータ記録再生方法。

【請求項76】 上記記録系は、上記第2の攪拌工程にて並べ替えられたデータに対してチャンネル特性を補償するフィルタリングを施すプリコード工程を備え、上記再生系は、チャンネル応答に対する復号を行うチャンネル復号工程を備えることを特徴とする請求項75記載のデータ記録再生方法。

【請求項77】 上記チャンネル復号工程では、軟入力信号を入力し、軟出力復号を行うことを特徴とする請求項76記載のデータ記録再生方法。

【請求項78】 上記チャンネル復号工程では、軟入力信号を入力し、チャンネル応答に対応するトレリスに基づいて軟出力復号を行うことを特徴とする請求項76記載のデータ記録再生方法。

【請求項79】 上記第1の逆攪拌工程では、上記チャンネル復号工程にて復号がなされたデータと上記第3の攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替え、

上記第2の逆攪拌工程では、上記変調復号工程にて復号がなされたデータと上記第4の攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替え、

上記誤り訂正復号工程と上記変調復号工程と上記チャンネル復号工程との間で繰り返し復号を行うことを特徴とする請求項77記載のデータ記録再生方法。

【請求項80】 上記変調復号工程では、軟入力信号を入力するとともに、軟出力信号を出力することを特徴とする請求項75記載のデータ記録再生方法。

【請求項81】 上記変調符号化工程では、上記第1の攪拌工程にて並べ替えられたデータに対して制約条件にしたがって符号化を行い、

上記変調復号工程では、上記制約条件に対応した復号を行うことを特徴とする請求項75記載のデータ記録再生方法。

【請求項82】 上記第2の攪拌工程では、上記変調符号化工程にて符号化がなされたデータを上記制約条件を満たすように攪拌することを特徴とする請求項81記載のデータ記録再生方法。

【請求項83】 上記変調符号化工程では、上記第1の攪拌工程にて並べ替えられたデータに対してブロック変調による符号化を行うことを特徴とする請求項81記載のデータ記録再生方法。

【請求項84】 上記変調復号工程は、上記変調符号化工程にて生成されて出力される各出力符号語の尤度値を算出する尤度算出工程を有し、

上記変調復号工程では、上記尤度算出工程にて算出された尤度値を用いて、上記変調符号化工程にて入力された入力ビット及び上記変調符号化工程にて生成されて出力された出力ビットに対する軟判定値である事後確率情報を求めることを特徴とする請求項83記載のデータ記録再生方法。

【請求項85】 上記変調復号工程では、上記制約条件に対応するトレリスに基づいて復号を行うことを特徴とする請求項83記載のデータ記録再生方法。

【請求項86】 上記第2の攪拌工程では、上記変調符号化工程にてブロック変調による符号化がなされたデータを変調符号ブロック単位で攪拌し、

上記第1の逆攪拌工程では、入力したデータを上記変調符号ブロック単位で攪拌し、

上記第3の攪拌工程では、上記変調復号工程にて復号がなされたデータと上記第1の逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータを上記変調符号ブロック単位で攪拌することを特徴とする請求項83記載のデータ記録再生方法。

【請求項87】 上記変調符号化工程では、上記第1の攪拌工程にて並べ替えられたデータに対して上記制約条件に対応するトレリスにしたがって符号化を行い、上記変調復号工程では、上記制約条件に対応するトレリスに基づいて復号を行うことを特徴とする請求項81記載のデータ記録再生方法。

【請求項88】 上記第2の攪拌工程では、上記変調符号化工程にて符号化がなされたデータを上記トレリスの変調符号ブロック単位で攪拌し、上記第1の逆攪拌工程では、入力したデータを上記トレリスの変調符号ブロック単位で攪拌し、

上記第3の攪拌工程では、上記変調復号工程にて復号がなされたデータと上記第1の逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータを上記トレリスの変調符号ブロック単位で攪拌することを特徴とする請求項87記載のデータ記録再生方法。

【請求項89】 上記変調復号工程では、BCJRアルゴリズム又はSOVAアルゴリズムに基づく軟出力復号を行うことを特徴とする請求項80記載のデータ記録再生方法。

【請求項90】 上記誤り訂正復号工程では、軟入力信号を入力し、入力した軟入力信号に対して誤り訂正符号の軟復号を行うことを特徴とする請求項75記載のデータ記録再生方法。

【請求項91】 上記第1の攪拌工程では、上記誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータをビット単位で攪拌し、  
上記第2の逆攪拌工程では、入力したデータを上記ビット単位で攪拌し、  
上記第4の攪拌工程では、上記誤り訂正復号工程にて復号がなされたデータと上記第2の逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータ上記ビット単位で攪拌することを特徴とする請求項75記載のデータ記録再生方法。

【請求項92】 上記記録媒体として、磁気、光又は光磁気記録方式によりデータが記録されるものを用いることを特徴とする請求項75記載のデータ記録再生方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、記録媒体に対してデータを記録するデータ記録装置及びデータ記録方法、記録媒体に記録されているデータを再生するデータ再生装置及びデータ再生方法、並びに、記録媒体に対するデータの記録及び再生を行うデータ記録再生装置及びデータ記録再生方法に関する。

【0002】

【従来の技術】例えば、ディジタルデータを記録する記録媒体として、ハードディスクやいわゆるDVCR (Digital Video Cassette Recorder)、いわゆるCD (Compact Disc) やDVD (Digital Versatile Disk)、及びいわゆるMO (Magnet Optical) 等の磁気、光及び光磁気記録方式による各種記録媒体が広く知られている。

【0003】これらの記録媒体に対して信号を記録するためには、例えば、磁気記録方式による記録媒体に対しては書き込みヘッドにより磁化方向を制御したり、光記録方式による記録媒体に対してはスタンプにより信号に応じた長さのピットを形成するといったように、記録媒体に対して物理的な処理を施す必要がある。その際、記録媒体に記録された信号を読み出す再生側での読み出し信号の振幅制御やクロック再生が正常に動作するよう

に、記録媒体に対して信号を記録する記録側では、通常、予め信号に対して所定の変調符号化を施し、記録媒体に対して信号を記録する方式が用いられる。

【0004】この変調符号化を行う変調符号化器は、一般に、各種制限のないバイナリ信号を入力し、各種制限が加えられたバイナリ信号を出力する。ここで、信号に対する制限としては、例えば、符号における“0”、“1”の個数が十分長い範囲で均等になるような制限であるDC free制限や、符号において連続する“0”の個数の最小値及び最大値が、それぞれ、 $d$ 個及び $k$ 個となる制限である $(d, k)$ 制限等がある。 $(d, k)$ 制限の概念を具体的に説明するために、 $(d, k) = (2, 7)$ 制限を満たす符号を出力する変調符号化器における入出力例を示すと、図15に示ようになる。すなわち、 $(d, k) = (2, 7)$ 制限を満たす符号を出力する変調符号化器150は、制限が加えられていない入力信号を入力すると、この入力信号に変調符号化を施し、連続する“0”の個数の最小値が2個、最大値が7個であるような出力信号を生成して出力する。

【0005】このように、制限のない系列を制限のある系列に変換する場合には、入力ビットの総数よりも出力ビットの総数が多くなる。ここで、入力ビットの総数を $K$ 、出力ビットの総数を $N$ と表すものとする、通常、 $K/N$ を符号化率 $R$ として表す。この符号化率 $R$ は、変調符号化の効率を表す指標値となるものであり、同じ制限を満たす出力信号を生成する変調符号化器を比較した場合には、符号化率 $R$ が高い変調符号化器は、符号化率 $R$ が低い変調符号化器よりも、一定の出力ビットに対して多くの入力ビットを符号化できることを示す。換言すれば、符号化率 $R$ が高い変調符号化器は、符号化率 $R$ が低い変調符号化器よりも、定められた記録媒体に対して多くの情報を記録できる。

【0006】また、変調符号化には、入力ビットを所定の長さのブロックに区切り、各ブロックに対応する所定の長さのブロックに区切られた出力ビットを生成するブロック符号化方式と、入力ビットとこの入力ビットに対応する出力ビットの符号化単位が変動する可変長符号化方式とがある。例えば、変調符号化として通常用いられているいわゆる8/9符号や16/17符号はブロック符号化方式に属するものであり、いわゆる $(1, 7)$ RLLL符号や $(2, 7)$ RLLL符号は可変長符号化方式に属するものである。

【0007】例えば、入力ビットとして2ビットの信号を入力し、 $(d, k) = (0, 2)$ 制限を満たす3ビットの出力ビットを生成するブロック変調符号化方式の場合、変調符号化器は、次表1に示すような変換テーブルを図示しないメモリ等に格納しており、この変換テーブルを参照することによって、2ビットの入力ビットに対応する3ビットの出力ビットを求め、逐次出力する。

【0008】



【表1】

表1 変換テーブルの一例

入力ビット	出力ビット
00	011
01	101
10	111
11	110

【0009】一方、変調符号化された信号を変調復号する変調復号器は、表1に示した変換テーブルに対応する表2に示すような逆変換テーブルを図示しないメモリ等に格納しており、この逆変換テーブルを参照することによって、3ビットの入力ビットに対応する2ビットの復号ビットを求め、逐次出力する。

【0010】

【表2】

表2 逆変換テーブルの一例

入力ビット	復号ビット
000	01
001	00
010	10
011	00
100	11
101	01
110	11
111	10

$$b_0 = (a_1 \& a_2) \mid (a_0 \& !a_1 \& !a_2) \mid (!a_0 \& a_1 \& !a_2)$$

$$b_1 = (a_0 \& !a_1) \mid (!a_0 \& !a_1 \& !a_2) \mid (a_0 \& a_1 \& !a_2)$$

... (1)

【0014】このような変調符号化器及び変調復号器を、磁気記録方式による記録媒体に対するデータの記録及び再生を行う磁気記録再生装置に適用した場合、この磁気記録再生装置は、図18に示すように構成される。

【0015】すなわち、同図に示す磁気記録再生装置200は、データを記録媒体250に記録するための記録系として、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化器201と、入力したデータに対して変調符号化を施す変調符号化器202と、入力したデータに対してチャネル特性を補償するようなフィルタリングを施すプリコーダ203と、入力したデータの各ビットを書き込み電流値に変換する書き込み電流ドライバ204と、記録媒体250に対してデータを記録するための書き込みヘッド205とを備える。また、磁気記録再

【0011】変調復号器としては、例えば図16に示すものがある。この変調復号器160は、少なくともROM (Read Only Memory) 161を備える。変調復号器160は、入力アドレス信号D161を入力し、この入力アドレス信号D161で与えられるROM161におけるアドレスに格納されている内容を変調復号信号D162として出力する。実際には、変調復号器160は、表2に示した逆変換テーブルにしたがって入力ビットから復号ビットへの逆変換を行う場合には、表2における入力ビットに対応するROM161のアドレスに復号ビットの内容が格納されており、このアドレスに格納されている復号ビットを読み出すことによって、逆変換を行う。

【0012】また、変調復号器としては、例えば図17に示すものがある。この変調復号器170は、少なくとも組み合わせ回路171を備える。変調復号器170は、入力信号D171を入力し、組み合わせ回路171により入力信号D171に対する論理演算を行い、変調復号信号D172を生成する。実際には、変調復号器170は、表2に示した逆変換テーブルにしたがって入力ビットから復号ビットへの逆変換を行う場合には、3ビットの入力信号D171を $(a_0, a_1, a_2)$ 、2ビットの変調復号信号D172を $(b_0, b_1)$ と表すと、出力ビットである $(b_0, b_1)$ を、次式(1)に示すような論理式に対応する組み合わせ回路171により生成する。なお、同式において、“ $\mid$ ”は論理和を表し、“ $\&$ ”は論理積を表し、“ $!$ ”は論理否定を表す。

【0013】

【数1】

生装置200は、記録媒体250に記録されているデータを再生するための再生系として、記録媒体250に記録されているデータを読み出すための読み出しヘッド206と、入力したデータを等化する等化器207と、入力したデータの利得を調整する利得調整回路208と、アナログデータをデジタルデータに変換するアナログ→デジタル変換器（以下、A/Dと記す。）209と、クロックを再生するタイミング再生回路210と、利得調整回路208を制御する利得調整コントロール回路211と、入力したデータに対していわゆるビタビ復号を施すビタビ復号器212と、入力したデータに対して変調復号を施す変調復号器213と、入力したデータに対して誤り訂正復号を施す誤り訂正復号器214とを備える。

【0016】このような磁気記録再生装置200は、記録媒体250に対してデータを記録する場合には、次に示すような処理を行う。

【0017】まず、磁気記録再生装置200は、入力データD201を入力すると、この入力データD201に対して、誤り訂正符号化器201により誤り訂正符号化を施し、誤り訂正符号化データD202を生成する。

【0018】次に、磁気記録再生装置200は、変調符号化器202によって、誤り訂正符号化器201から供給された誤り訂正符号化データD202に対して変調符号化を施し、制限が加えられた系列である変調符号化データD203を生成する。

$$F = 1/(1 \oplus D) \quad (\oplus \text{ は、排他的論理和}) \quad \dots (2)$$

【0021】次に、磁気記録再生装置200は、書き込み電流ドライバ204によって、プリコード203から供給されたバイナリ信号であるプリコード信号D204に対して、 $0 \rightarrow -I_s$ ,  $1 \rightarrow +I_s$  とするように、各ビットを書き込み電流値 $I_s$ に変換し、書き込み電流信号D205を生成する。

【0022】そして、磁気記録再生装置200は、書き込みヘッド205によって、書き込み電流ドライバ204から供給された書き込み電流信号D205に応じた書き込み磁化信号D206を記録媒体250に対して与える。

【0023】磁気記録再生装置200は、このような処理を行うことによって、記録媒体250に対してデータを記録することができる。

【0024】一方、記録媒体250に記録されているデータを再生する場合には、磁気記録再生装置200は、次に示すような処理を行う。

【0025】まず、磁気記録再生装置200は、読み出しヘッド206によって、記録媒体250から読み出し磁化信号D207を読み出し、この読み出し磁化信号D207に応じた読み出し電流信号D208を生成する。

【0026】次に、磁気記録再生装置200は、等化器207によって、読み出しヘッド206から供給された読み出し電流信号D208に対して、記録系における記録媒体250へのデータの書き込みから当該等化器207における出力までのチャネル応答が所定の特性、例えば1-Dとなるように等化を行い、等化信号D209を生成する。

【0027】次に、磁気記録再生装置200は、利得調

$$R_{ch} = (1-D)/(1 \oplus D) \quad (\oplus \text{ は、排他的論理和}) \quad \dots (3)$$

【0031】次に、磁気記録再生装置200は、変調復号器213によって、ビタビ復号器212から供給されたビタビ復号信号D214に対して変調復号を施し、記録系における変調符号化器202とは逆のデータの対応付けを図り、制限のある一定長の系列から、制限のない

【0019】次に、磁気記録再生装置200は、プリコード203によって、変調符号化器202から供給された変調符号化データD203に対して、記録媒体250へのデータの書き込みから再生系における等化器207における出力までのチャネル特性を補償するようなフィルタリングを施し、プリコード信号D204を生成する。例えば、プリコード203は、チャネルが1-Dの特性を有する場合には、次式(2)で表されるフィルタリングFを施す。

【0020】

【数2】

整回路208によって、利得調整コントロール回路211から供給される利得調整コントロール信号D213に基づいて、等化器207から供給された等化信号D209の利得を調整し、利得調整信号D210を生成する。なお、利得調整コントロール信号D213は、利得調整コントロール回路211によって、後述するデジタルチャネル信号D211に基づいて生成されるものであり、等化信号D209の振幅を期待される値に保つための制御信号である。

【0028】次に、磁気記録再生装置200は、A/D209によって、利得調整回路208から供給された利得調整信号D210をデジタル化し、デジタルチャネル信号D211を生成する。なお、このとき、A/D209は、タイミング再生回路210により生成されて供給されるクロック信号D212に基づいてサンプリングを行う。このタイミング再生回路210は、デジタルチャネル信号D211を入力し、クロックを再生して得られたクロック信号D212をA/D209に供給する。

【0029】次に、磁気記録再生装置200は、A/D209から供給されるデジタルチャネル信号D211をビタビ復号器212に入力し、このビタビ復号器212によって、記録系におけるプリコード203の前段から再生系における等化器207における出力までのチャネル応答、例えば次式(3)で表されるチャネル応答 $R_{ch}$ に対してビタビ復号を行い、ビタビ復号信号D214を生成する。

【0030】

【数3】

元の入力データ系列である変調復号信号D215を生成する。

【0032】そして、磁気記録再生装置200は、誤り訂正復号器214によって、変調復号器213から供給された変調復号信号D215に対して誤り訂正符号の復

号を行い、出力データD216を生成する。

【0033】磁気記録再生装置200は、このような処理を行うことによって、記録媒体250に記録されているデータを再生することができる。

【0034】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述した従来の磁気記録再生装置200においては、再生系における変調復号器213が変調符号化器202による変調符号化とは逆のバイナリ信号間の対応付けを行う機能しか有しておらず、変調復号器213に対する入出力ともバイナリ信号である必要があることから、ビタビ復号器212よりも後段における信号は、全てバイナリ信号であった。

【0035】換言すれば、磁気記録再生装置200においては、変調復号器213の前段でバイナリ信号を生成するとともに、変調復号器213の後段でもバイナリ信号を処理する必要があった。

【0036】したがって、磁気記録再生装置200においては、2値のバイナリ信号を用いる必要から、信号に含まれる情報量を故意に削減することになり、効率のよい復号処理ができず、結果として復号誤り率を劣化させる原因となっていた。

【0037】本発明は、このような実情に鑑みてなされたものであり、高性能の符号化を行って、効率のよい復号処理を再生系に行わせ、復号誤り率を大幅に低下させることができるデータ記録装置及びデータ記録方法、効率のよい復号処理を行い、復号誤り率を低下することができるデータ再生装置及びデータ再生方法、並びに、高性能の符号化及び高効率の復号処理を実現して、復号誤り率を低下することができるデータ記録再生装置及びデータ記録再生方法を提供することを目的とする。

【0038】

【課題を解決するための手段】上述した目的を達成する本発明にかかるデータ記録装置は、記録媒体に対してデータを記録するデータ記録装置であって、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化手段と、この誤り訂正符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌手段と、この第1の攪拌手段から供給されたデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化手段と、この変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌手段とを備えることを特徴としている。

【0039】このような本発明にかかるデータ記録装置は、第1の攪拌手段によって、誤り訂正符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替え、第2の攪拌手段によって、変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える。

【0040】また、上述した目的を達成する本発明にかかるデータ記録方法は、記録媒体に対してデータを記録するデータ記録方法であって、入力したデータに対して

誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化工程と、この誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌工程と、この第1の攪拌工程にて並べ替えられたデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化工程と、この変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌工程とを備えることを特徴としている。

【0041】このような本発明にかかるデータ記録方法は、第1の攪拌工程にて、誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替え、第2の攪拌工程にて、変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える。

【0042】さらに、上述した目的を達成する本発明にかかるデータ再生装置は、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化手段と、この誤り訂正符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌手段と、この第1の攪拌手段から供給されたデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化手段と、この変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌手段とを備え、記録媒体に対してデータを記録する記録機器により記録されたデータを再生するデータ再生装置であって、第2の攪拌手段により並べ替えられたデータのビット配列を、変調符号化手段により符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える第1の逆攪拌手段と、この第1の逆攪拌手段から供給されたデータを変調復号する変調復号手段と、第2の攪拌手段と同一の攪拌位置情報に基づいて、変調復号手段から出力されたデータと第1の逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第3の攪拌手段と、第1の攪拌手段により並べ替えられたデータのビット配列を、誤り訂正符号化手段により符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える第2の逆攪拌手段と、この第2の逆攪拌手段から供給されたデータに対して誤り訂正符号の復号を行う誤り訂正復号手段と、第1の攪拌手段と同一の攪拌位置情報に基づいて、誤り訂正復号手段から出力されたデータと第2の逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第4の攪拌手段とを備えることを特徴としている。

【0043】このような本発明にかかるデータ再生装置は、第1の逆攪拌手段により攪拌されて並べ替えられたデータを変調復号手段により復号し、第3の攪拌手段によって、変調復号手段から出力されたデータと第1の逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替え、第2の逆攪拌手段により攪拌されて並べ替えられたデータを誤り訂正復号手段により復号し、第4の攪拌手段によって、誤り訂正復号手段から出力されたデータと第2の逆攪拌手段から出

力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える。

【0044】さらにまた、上述した目的を達成する本発明にかかるデータ再生方法は、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化工程と、この誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌工程と、この第1の攪拌工程にて並べ替えられたデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化工程と、この変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌工程とを備え、記録媒体に対してデータを記録する記録方法により記録されたデータを再生するデータ再生方法であって、第2の攪拌工程にて並べ替えられたデータのビット配列を、変調符号化工程にて符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える第1の逆攪拌工程と、この第1の逆攪拌工程にて並べ替えられたデータを変調復号する変調復号工程と、第2の攪拌工程と同一の攪拌位置情報に基づいて、変調復号工程にて復号がなされたデータと第1の逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第3の攪拌工程と、第1の攪拌工程にて並べ替えられたデータのビット配列を、誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える第2の逆攪拌工程と、この第2の逆攪拌工程にて並べ替えられたデータに対して誤り訂正符号の復号を行う誤り訂正復号工程と、第1の攪拌工程と同一の攪拌位置情報に基づいて、誤り訂正復号工程にて復号がなされたデータと第2の逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第4の攪拌工程とを備えることを特徴としている。

【0045】このような本発明にかかるデータ再生方法は、第1の逆攪拌工程にて攪拌されて並べ替えられたデータを変調復号工程にて復号し、第3の攪拌工程にて、変調復号工程にて復号がなされたデータと第1の逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替え、第2の逆攪拌工程にて攪拌されて並べ替えられたデータを誤り訂正復号工程にて復号し、第4の攪拌工程にて、誤り訂正復号工程にて復号がなされたデータと第2の逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える。

【0046】また、上述した目的を達成する本発明にかかるデータ記録再生装置は、記録媒体に対するデータの記録及び再生を行うデータ記録再生装置であって、記録媒体に対してデータを記録する記録系として、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化手段と、この誤り訂正符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌手段と、この第1

の攪拌手段から供給されたデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化手段と、この変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌手段とを備え、記録媒体に記録されているデータを再生する再生系として、第2の攪拌手段により並べ替えられたデータのビット配列を、変調符号化手段により符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える第1の逆攪拌手段と、この第1の逆攪拌手段から供給されたデータを変調復号する変調復号手段と、第2の攪拌手段と同一の攪拌位置情報に基づいて、変調復号手段から出力されたデータと第1の逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第3の攪拌手段と、第1の攪拌手段により並べ替えられたデータのビット配列を、誤り訂正符号化手段により符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える第2の逆攪拌手段と、この第2の逆攪拌手段から供給されたデータに対して誤り訂正符号の復号を行う誤り訂正復号手段と、第1の攪拌手段と同一の攪拌位置情報に基づいて、誤り訂正復号手段から出力されたデータと第2の逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第4の攪拌手段とを備えることを特徴としている。

【0047】このような本発明にかかるデータ記録再生装置は、記録媒体に対してデータを記録する場合には、第1の攪拌手段によって、誤り訂正符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替え、第2の攪拌手段によって、変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替え、記録媒体に記録されているデータを再生する場合には、第1の逆攪拌手段により攪拌されて並べ替えられたデータを変調復号手段により復号し、第3の攪拌手段によって、変調復号手段から出力されたデータと第1の逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替え、第2の逆攪拌手段により攪拌されて並べ替えられたデータを誤り訂正復号手段により復号し、第4の攪拌手段によって、誤り訂正復号手段から出力されたデータと第2の逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える。

【0048】さらに、上述した目的を達成する本発明にかかるデータ記録再生方法は、記録媒体に対するデータの記録及び再生を行うデータ記録再生方法であって、記録媒体に対してデータを記録する記録系として、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化工程と、この誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌工程と、この第1の攪拌工程にて並べ替えられたデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化工程と、この変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して

並べ替える第2の攪拌工程とを備え、記録媒体に記録されているデータを再生する再生系として、第2の攪拌工程にて並べ替えられたデータのビット配列を、変調符号化工程にて符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える第1の逆攪拌工程と、この第1の逆攪拌工程にて並べ替えられたデータを変調復号する変調復号工程と、第2の攪拌工程と同一の攪拌位置情報に基づいて、変調復号工程にて復号がなされたデータと第1の逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第3の攪拌工程と、第1の攪拌工程にて並べ替えられたデータのビット配列を、誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える第2の逆攪拌工程と、この第2の逆攪拌工程にて並べ替えられたデータに対して誤り訂正符号の復号を行う誤り訂正復号工程と、第1の攪拌工程と同一の攪拌位置情報に基づいて、誤り訂正復号工程にて復号がなされたデータと第2の逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第4の攪拌工程とを備えることを特徴としている。

【0049】このような本発明にかかるデータ記録再生方法は、記録媒体に対してデータを記録する場合には、第1の攪拌工程にて、誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替え、第2の攪拌工程にて、変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替え、記録媒体に記録されているデータを再生する場合には、第1の逆攪拌工程にて攪拌されて並べ替えられたデータを変調復号工程にて復号し、第3の攪拌工程にて、変調復号工程にて復号がなされたデータと第1の逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替え、第2の逆攪拌工程にて攪拌されて並べ替えられたデータを誤り訂正復号工程にて復号し、第4の攪拌工程にて、誤り訂正復号工程にて復号がなされたデータと第2の逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える。

【0050】

【発明の実施の形態】以下、本発明を適用した具体的な実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

【0051】この実施の形態は、例えば、ハードディスクやいわゆるDVCR (Digital Video Cassette Recorder) 等の磁気記録方式による記録媒体に対してデータを記録する記録系と、これらの記録媒体に記録されているデータを再生する再生系とを備える磁気記録再生装置である。

【0052】この磁気記録再生装置は、記録系において、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化器の後段と信号を変調する変調符号化器の後

段とのそれぞれにインターリーバを備え、誤り訂正符号化器と信号を変調する変調符号化器と信号に対してチャネル特性を補償するようなフィルタリングを施すプリコーダとの間でいわゆる縦列接続符号による符号化を行うものである。また、磁気記録再生装置は、再生系において、チャネルに対する復号器、変調符号化された信号を変調復号する復号器及び入力したデータに対して誤り訂正復号を施す復号器として、軟入力 (soft input) であるデータを入力するとともに、軟出力 (soft output) であるデータを出力する軟入力軟出力 (Soft Input Soft Output; 以下、SISOと記す。) 型の復号器を適用し、これらの3つの復号器の間でいわゆるターボ復号と呼ばれる繰り返し復号を行うものである。すなわち、磁気記録再生装置は、いわゆるシャノンの通信路符号化定理により与えられるシャノン限界に近い性能を示す符号化方法及び復号方法として知られる縦列接続符号による符号化及びターボ復号を、記録媒体に対するデータの記録及び再生を行う記録再生系に適用したものである。

【0053】まず、第1の実施の形態として示す磁気記録再生装置について説明する。ここではまず、この磁気記録再生装置の記録系に適用するインターリーバについて図1乃至図4を参照して説明する。

【0054】図1に示すインターリーバ10は、当該インターリーバ10の前段に設けられる誤り訂正符号化器により符号化がなされたデータをビット単位で攪拌し、データを構成する各ビットの順序を並べ替えるものである。例えば、インターリーバ10は、図2に示すように、入力した入力信号をビット単位で並べ替え、出力信号を生成する。

【0055】より具体的には、インターリーバ10は、例えば発生した乱数に基づいて決定されたデータの攪拌位置情報を図示しないROM (Read Only Memory) 等に保持しており、この攪拌位置情報に基づいて、ビット単位での入力信号の並べ替えを行う。例えば、インターリーバ10は、入力信号を構成する各ビットを順次保持し、Nビット (Nは任意の自然数) からなるビット系列が生成されたタイミングで、攪拌位置情報に基づいたビット単位での並べ替えを行った後、所定のタイミングで出力信号として出力する。

【0056】また、図3に示すインターリーバ20は、当該インターリーバ20の前段に設けられる変調符号化器によりブロック変調による符号化がなされたデータを変調符号ブロック単位、すなわち、1シンボル単位で攪拌し、データを構成する各ビットの順序を並べ替えるものである。例えば、インターリーバ10は、次表3に示す変換テーブルにしたがって、2ビットの入力ビットに対して3ビットの出力ビットを生成する変調符号化がなされたデータを構成する各ビットの順序を並べ替えるものとする、図4に示すように、変調符号ブロック単位である3ビット単位で入力した入力信号に対して、3ビ

ット単位で並べ替えて出力信号を生成する。

【0057】

【表3】

表3 変換テーブルの一例

入力ビット	出力ビット
00	011
01	101
10	111
11	110

【0058】より具体的には、インターリーバ20は、例えば発生した乱数に基づいて決定されたデータの攪拌位置情報を図示しないROM (Read Only Memory) 等に保持しており、この攪拌位置情報に基づいて、変調符号ブロック単位での入力信号の並べ替えを行う。例えば、インターリーバ10は、入力信号を構成する各ビットを順次保持し、Nビット (Nは任意の自然数) からなるビット系列が生成されたタイミングで、攪拌位置情報に基づいた変調符号ブロック単位での並べ替えを行った後、所定のタイミングで出力信号として出力する。

【0059】つぎに、磁気記録再生装置の再生系に適用するSISO型の復号器である上述した変調符号化された信号を変調復号する復号器について図5及び図6を参照して説明する。なお、これらの図5及び図6に示す復号器30、40は、変調符号化された信号を変調復号する復号器として示されるものであるが、チャネルに対する復号器及び誤り訂正復号を施す復号器も、同様の構成で実現されるものであることをここで断っておく。

【0060】図5に示す復号器30は、入力kビットに対してnビットの変調符号化を行う符号化率 $R = k/n$ のブロック変調により符号化されたデータを復号するものである。

【0061】この復号器30は、軟入力とされる受信信号Rを入力すると、この受信信号Rの各ビットが“0”である確率 $P(R_i=0|R)$ と、各ビットが“1”である確率 $P(R_i=1|R)$ とを算出し、最終的には、 $M = (M_0, M_1, \dots, M_{n-1})$ で表される変調符号ブロックMに対する軟判定値である事後確率情報 (a posteriori probability information)  $P(M_i=0|R)$  及び $P(M_i=1|R)$ 、若しくは $C = (C_0, C_1, \dots, C_{k-1})$ で表される変調符号入力ブロックCに対する軟判定値である事後確率情報 $P(C_i=0|R)$  及び $P(C_i=1|R)$ 、又はこれらの双方を算出して出力する。

【0062】なお、復号器としては、上述した各事後確率情報を個別的に出力するのではなく、事後確率情報比の対数値、すなわち、 $\log(P(M_i=1|R)/P(M_i=0|R))$  や  $\log(P(C_i=1|R)/P(C_i=0|R))$  として出力することもでき

る。この対数値は、一般には対数尤度比 (log likelihood ratio) と呼ばれ、ここでは、受信信号Rを入力した際の変調符号ブロックM及び変調符号入力ブロックCの尤度を示すものである。

【0063】また、復号器としては、上述した受信信号Rを入力するのではなく、変調符号入力ブロックCに対する事前確率情報 (a priori probability information)  $P(C_i=0)$  及び $P(C_i=1)$  が入力信号として与えられてもよい。

【0064】このような復号器としては、具体的には、例えば図6に示すような各部を有するものが考えられる。ここでは、2ビットの入力ビットに対して3ビットの出力ビットを生成するために、先に表3に示した変換テーブルにしたがって符号化されたデータを復号するものとして説明する。

【0065】同図に示す復号器40は、各受信ビットの尤度を算出する尤度算出手段である (3ビット $\times 2 =$ ) 6つの尤度算出回路411, 412, 413, 414, 415, 416と、データを加算する4つの加算器421, 422, 423, 424と、2つのデータA, Bに対して $\log(e^A + e^B)$ の演算を行う4つのlog-sum回路431, 432, 433, 434と、2つのデータを加算する4つの加算器441, 442, 443, 444と、2つのデータの比をとる5つの比較器451, 452, 461, 462, 463と、変調符号ブロックMにおける各要素に対する係数を算出する係数算出回路471, 472, 473と、2つのデータを加算する3つの加算器481, 482, 483とを有する。

【0066】尤度算出回路411, 412, 413, 414, 415, 416は、それぞれ、受信信号D41 (R) における各受信ビットを入力し、各受信ビットの尤度を算出する。

【0067】すなわち、尤度算出回路411は、3ビットの受信信号D41を構成する0ビット目を入力し、このビットが“0”である確率の対数値である対数確率値D421 ( $\log P(R_0=0|R)$ ) を算出する。尤度算出回路411は、生成した対数確率値D421を加算器421及び比較器461に供給する。

【0068】また、尤度算出回路412は、3ビットの受信信号D41を構成する0ビット目を入力し、このビットが“1”である確率の対数値である対数確率値D422 ( $\log P(R_0=1|R)$ ) を算出する。尤度算出回路412は、生成した対数確率値D422を加算器422, 423, 424及び比較器461に供給する。

【0069】さらに、尤度算出回路413は、3ビットの受信信号D41を構成する1ビット目を入力し、このビットが“0”である確率の対数値である対数確率値D423 ( $\log P(R_1=0|R)$ ) を算出する。尤度算出回路413は、生成した対数確率値D423を加算器422及び比較器462に供給する。

【0070】さらにまた、尤度算出回路414は、3ビットの受信信号D41を構成する1ビット目を入力し、このビットが“1”である確率の対数値である対数確率値D424 ( $\log P(R_1=1|R)$ ) を算出する。尤度算出回路414は、生成した対数確率値D424を加算器421、423、424及び比較器462に供給する。

【0071】また、尤度算出回路415は、3ビットの受信信号D41を構成する2ビット目を入力し、このビットが“0”である確率の対数値である対数確率値D425 ( $\log P(R_2=0|R)$ ) を算出する。尤度算出回路415は、生成した対数確率値D425を加算器424及び比較器463に供給する。

【0072】さらに、尤度算出回路416は、3ビットの受信信号D41を構成する2ビット目を入力し、このビットが“1”である確率の対数値である対数確率値D426 ( $\log P(R_2=1|R)$ ) を算出する。尤度算出回路416は、生成した対数確率値D426を加算器421、422、423及び比較器463に供給する。

【0073】加算器421は、尤度算出回路411から供給された対数確率値D421と、尤度算出回路414から供給された対数確率値D424と、尤度算出回路416から供給された対数確率値D426とを加算し、尤度値D431を生成する。すなわち、この尤度値D431は、 $\log P(R|M_0M_1M_2=011)$ と表される確率に他ならない。加算器421は、生成した尤度値D431をlog-sum回路431、433に供給する。

【0074】加算器422は、尤度算出回路412から供給された対数確率値D422と、尤度算出回路413から供給された対数確率値D423と、尤度算出回路416か

ら供給された対数確率値D426とを加算し、尤度値D432を生成する。すなわち、この尤度値D432は、 $\log P(R|M_0M_1M_2=101)$ と表される確率に他ならない。加算器422は、生成した尤度値D432をlog-sum回路431、434に供給する。

【0075】加算器423は、尤度算出回路412から供給された対数確率値D422と、尤度算出回路414から供給された対数確率値D424と、尤度算出回路416から供給された対数確率値D426とを加算し、尤度値D433を生成する。すなわち、この尤度値D433は、 $\log P(R|M_0M_1M_2=111)$ と表される確率に他ならない。加算器423は、生成した尤度値D433をlog-sum回路432、433に供給する。

【0076】加算器424は、尤度算出回路412から供給された対数確率値D422と、尤度算出回路414から供給された対数確率値D424と、尤度算出回路415から供給された対数確率値D425とを加算し、尤度値D434を生成する。すなわち、この尤度値D434は、 $\log P(R|M_0M_1M_2=110)$ と表される確率に他ならない。加算器424は、生成した尤度値D434をlog-sum回路432、434に供給する。

【0077】log-sum回路431は、加算器421から供給された尤度値D431と、加算器422から供給された尤度値D432とに対して、次式(4)に示す演算を行い、尤度値D441を生成する。log-sum回路431は、生成した尤度値D441を加算器441に供給する。

【0078】

【数4】

$$\begin{aligned} & \log \left( e^{\log P(R|M_0M_1M_2=011)} + e^{\log P(R|M_0M_1M_2=101)} \right) \\ &= \log \left( P(R|M_0M_1M_2=011) + P(R|M_0M_1M_2=101) \right) \\ & \dots (4) \end{aligned}$$

【0079】log-sum回路432は、加算器423から供給された尤度値D433と、加算器424から供給された尤度値D434とに対して、次式(5)に示す演算を行い、尤度値D442を生成する。log-sum

回路432は、生成した尤度値D442を加算器442に供給する。

【0080】

【数5】

$$\begin{aligned} & \log \left( e^{\log P(R|M_0M_1M_2=111)} + e^{\log P(R|M_0M_1M_2=110)} \right) \\ &= \log \left( P(R|M_0M_1M_2=111) + P(R|M_0M_1M_2=110) \right) \\ & \dots (5) \end{aligned}$$

【0081】log-sum回路433は、加算器421から供給された尤度値D431と、加算器423から供給された尤度値D433とに対して、次式(6)に示す演算を行い、尤度値D443を生成する。log-sum

回路433は、生成した尤度値D443を加算器443に供給する。

【0082】

【数6】

$$\begin{aligned} & \log \left( e^{\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 011)} + e^{\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 111)} \right) \\ &= \log \left( P(R | M_0 M_1 M_2 = 011) + P(R | M_0 M_1 M_2 = 111) \right) \end{aligned}$$

... (6)

【0083】log-sum回路434は、加算器422から供給された尤度値D432と、加算器424から供給された尤度値D434とに対して、次式(7)に示す演算を行い、尤度値D444を生成する。log-sum

回路434は、生成した尤度値D444を加算器444に供給する。

【0084】

【数7】

$$\begin{aligned} & \log \left( e^{\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 101)} + e^{\log P(R | M_0 M_1 M_2 = 110)} \right) \\ &= \log \left( P(R | M_0 M_1 M_2 = 101) + P(R | M_0 M_1 M_2 = 110) \right) \end{aligned}$$

... (7)

【0085】加算器441は、log-sum回路431から供給された尤度値D441と、外部から入力した入力ビットに対する対数事前確率D451(log P(C<sub>0</sub>=0))とを加算し、対数確率値D461を生成する。この対数確率値D461は、次式(8)に示す確率を表

すものである。加算器441は、生成した対数確率値D461を比較器451に供給する。

【0086】

【数8】

$$\begin{aligned} \log P(C_0 = 0 | R) &= \log \left( P(R | M_0 M_1 M_2 = 011) + P(R | M_0 M_1 M_2 = 101) \right) \\ &\quad + \log P(C_0 = 0) \end{aligned}$$

... (8)

【0087】加算器442は、log-sum回路432から供給された尤度値D442と、外部から入力した入力ビットに対する対数事前確率D452(log P(C<sub>0</sub>=1))とを加算し、対数確率値D462を生成する。この対数確率値D462は、次式(9)に示す確率を表

すものである。加算器442は、生成した対数確率値D462を比較器451に供給する。

【0088】

【数9】



$$\log P(C_0=1|R) = \log \left( P(R|M_0M_1M_2=111) + P(R|M_0M_1M_2=110) \right) + \log P(C_0=1)$$

... (9)

【0089】加算器443は、log-sum回路433から供給された尤度値D443と、外部から入力した入力ビットに対する対数事前確率D453(log P(C<sub>1</sub>=0))とを加算し、対数確率値D463を生成する。この対数確率値D463は、次式(10)に示す確率を

表すものである。加算器443は、生成した対数確率値D463を比較器452に供給する。

【0090】

【数10】

$$\log P(C_1=0|R) = \log \left( P(R|M_0M_1M_2=011) + P(R|M_0M_1M_2=111) \right) + \log P(C_1=0)$$

... (10)

【0091】加算器444は、log-sum回路434から供給された尤度値D444と、外部から入力した入力ビットに対する対数事前確率D454(log P(C<sub>1</sub>=1))とを加算し、対数確率値D464を生成する。この対数確率値D464は、次式(11)に示す確率を

表すものである。加算器444は、生成した対数確率値D464を比較器452に供給する。

【0092】

【数11】

$$\log P(C_1=1|R) = \log \left( P(R|M_0M_1M_2=101) + P(R|M_0M_1M_2=110) \right) + \log P(C_1=1)$$

... (11)

【0093】比較器451は、加算器441から供給された対数確率値D461と、加算器442から供給された対数確率値D462との比をとり、復号対数事後確率比D471(log(P(C<sub>0</sub>=1|R)/P(C<sub>0</sub>=0|R)))を生成し、外部に出力する。

【0094】比較器452は、加算器443から供給された対数確率値D463と、加算器444から供給された対数確率値D464との比をとり、復号対数事後確率比D472(log(P(C<sub>1</sub>=1|R)/P(C<sub>1</sub>=0|R)))を生成し、外部に出力する。

【0095】比較器461は、尤度算出回路411から供給された対数確率値D421と、尤度算出回路412から供給された対数確率値D422との比をとり、対数事後

確率比D481(log(P(M<sub>0</sub>=1|R)/P(M<sub>0</sub>=0|R)))を生成し、加算器481に供給する。

【0096】比較器462は、尤度算出回路413から供給された対数確率値D423と、尤度算出回路414から供給された対数確率値D424との比をとり、対数事後確率比D482(log(P(M<sub>1</sub>=1|R)/P(M<sub>1</sub>=0|R)))を生成し、加算器482に供給する。

【0097】比較器463は、尤度算出回路415から供給された対数確率値D425と、尤度算出回路416から供給された対数確率値D426との比をとり、対数事後確率比D483(log(P(M<sub>2</sub>=1|R)/P

( $M_2=0 \mid \mathbf{R}$ )) を生成し、加算器483に供給する。

【0098】係数算出回路471は、外部から入力した入力ビットに対する対数事前確率D451, D452, D453, D454に基づいて、次式(12)で表される $M_0$ 係数、すなわち、3ビットの受信信号D41を構成す

$$\alpha = \log \frac{P(C_0=0) \cdot P(C_1=1) + P(C_0=1) \cdot P(C_1=0) + P(C_0=1) \cdot P(C_1=1)}{P(C_0=0) \cdot P(C_1=0)}$$

る0ビット目に相当する変調符号 $M_0$ に対する係数 $\alpha$ を算出し、 $M_0$ 係数信号D491を生成する。係数算出回路471は、生成した $M_0$ 係数信号D491を加算器481に供給する。

【0099】

【数12】

... (12)

【0100】係数算出回路472は、外部から入力した入力ビットに対する対数事前確率D451, D452, D453, D454に基づいて、次式(13)で表される $M_1$ 係数、すなわち、3ビットの受信信号D41を構成する1ビット目に相当する変調符号 $M_1$ に対する係数 $\beta$ を

$$\beta = \log \frac{P(C_0=0) \cdot P(C_1=0) + P(C_0=1) \cdot P(C_1=0) + P(C_0=1) \cdot P(C_1=1)}{P(C_0=0) \cdot P(C_1=1)}$$

算出し、 $M_1$ 係数信号D492を生成する。係数算出回路472は、生成した $M_1$ 係数信号D492を加算器482に供給する。

【0101】

【数13】

... (13)

【0102】係数算出回路473は、外部から入力した入力ビットに対する対数事前確率D451, D452, D453, D454に基づいて、次式(14)で表される $M_2$ 係数、すなわち、3ビットの受信信号D41を構成する2ビット目に相当する変調符号 $M_2$ に対する係数 $\gamma$ を

$$\gamma = \log \frac{P(C_0=0) \cdot P(C_1=0) + P(C_0=0) \cdot P(C_1=1) + P(C_0=1) \cdot P(C_1=0)}{P(C_0=1) \cdot P(C_1=1)}$$

算出し、 $M_2$ 係数信号D493を生成する。係数算出回路473は、生成した $M_2$ 係数信号D493を加算器483に供給する。

【0103】

【数14】

... (14)

【0104】加算器481は、比較器461から供給された対数事後確率比D481と、係数算出回路471から供給された $M_0$ 係数信号D491とを加算する。加算器481は、加算して生成した復号チャネル対数事後確率比信号D501( $\log(P(M_0=1 \mid \mathbf{R}) / P(M_0=0 \mid \mathbf{R}))$ )を外部に出力する。

【0105】加算器482は、比較器462から供給され

た対数事後確率比D482と、係数算出回路472から供給された $M_1$ 係数信号D492とを加算する。加算器482は、加算して生成した復号チャネル対数事後確率比信号D502( $\log(P(M_1=1 \mid \mathbf{R}) / P(M_1=0 \mid \mathbf{R}))$ )を外部に出力する。

【0106】加算器483は、比較器463から供給された対数事後確率比D483と、係数算出回路473から供

給された $M_1$ 係数信号 $D49_3$ とを加算する。加算器483は、加算して生成した復号チャネル対数事後確率比信号 $D50_3$  ( $\log(P(M_2=1|R)/P(M_2=0|R))$ )を外部に出力する。

【0107】このような各部を有する復号器40は、伝送過程において発生したノイズの影響によりアナログ値をとり軟入力とされる受信信号 $D41(R)$ における各受信ビット、すなわち、変調符号化側での各出力符号語に対する尤度算出回路411, 412, 413, 414, 415, 416を有し、これらの尤度算出回路411, 412, 413, 414, 415, 416により各出力符号語の尤度を求め、得られた尤度値を用いることによって、変調符号化側での入力ビット及び出力ビットに対する軟判定値である事後確率情報を実直に求めることができる。

【0108】なお、復号器40は、対数事前確率 $D45_1$ ,  $D45_2$ ,  $D45_3$ ,  $D45_4$ を外部から入力するが、図示しない変調符号化器に入力されるバイナリ信号を構成する各ビットが“0”である確率と“1”である確率とが均等である場合には、対数事前確率 $D45_1$ ,  $D45_2$ ,  $D45_3$ ,  $D45_4$ を入力する必要はなく、これらの対数事前確率 $D45_1$ ,  $D45_2$ ,  $D45_3$ ,  $D45_4$ の値が全て“0”であるように扱えばよい。

【0109】また、復号器40は、2ビットの入力ビットから3ビットの出力ビットに変調符号化されたデータの復号を行うものとして説明したが、復号器としては、入力ビット及び／又は出力ビット数に拘泥することなく、入力ビット及び／又は出力ビット数に対応した同様の構成でもよい。

【0110】さて、これらのようなインターリーバ及び復号器を適用した磁気記録再生装置について図7を用いて説明する。

【0111】同図に示す磁気記録再生装置50は、データを記録媒体70に記録するための記録系として、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化器51と、入力したデータの順序を並べ替えるインターリーバ52, 54と、入力したデータに対して変調符号化を施す変調符号化器53と、入力したデータに対してチャネル特性を補償するようなフィルタリングを施すプリコード55と、入力したデータの各ビットを書き込み電流値に変換する書き込み電流ドライバ56と、記録媒体70に対してデータを記録するための書き込みヘッ

$$F = \frac{1}{1 \oplus D} \quad (\textcircled{4} \text{ は、排他的論理和}) \quad \dots (15)$$

【0118】書き込み電流ドライバ56は、プリコード55から供給されたプリコード信号 $D56$ に対して、 $0 \rightarrow -I_s$ ,  $1 \rightarrow +I_s$ とするように、各ビットを書き込み電流値 $I_s$ に変換し、書き込み電流信号 $D57$ を生成する。書き込み電流ドライバ56は、生成した書き込み電流信号 $D57$ を後段の書き込みヘッド57に供給する。

ド57とを備える。

【0112】誤り訂正符号化手段である誤り訂正符号化器51は、入力データ $D51$ に対して誤り訂正符号化を施す。誤り訂正符号化器51は、誤り訂正符号化して生成した誤り訂正符号化データ $D52$ を後段のインターリーバ52に供給する。

【0113】第1の攪拌手段であるインターリーバ52は、上述したインターリーバ10として構成されるものであり、誤り訂正符号化器51により符号化がなされた誤り訂正符号化データ $D52$ をビット単位で攪拌し、誤り訂正符号化データ $D52$ を構成する各ビットの順序を並べ替える。インターリーバ52は、生成したインターリーブデータ $D53$ を後段の変調符号化器53に供給する。

【0114】変調符号化手段である変調符号化器53は、インターリーバ52から供給されたインターリーブデータ $D53$ に対して所定の変調符号化を施し、制限が加えられた系列である変調符号化データ $D54$ を生成する。変調符号化器53は、生成した変調符号化データ $D54$ を後段のインターリーバ54に供給する。

【0115】第2の攪拌手段であるインターリーバ54は、上述したインターリーバ20として構成されるものであり、変調符号化器53によりブロック変調による符号化がなされた変調符号化データ $D54$ を変調符号ブロック単位で攪拌し、変調符号化データ $D54$ を構成する各ビットの順序を並べ替える。インターリーバ54は、生成したインターリーブデータ $D55$ を後段のプリコード55に供給する。

【0116】プリコード手段であるプリコード55は、インターリーバ54から供給されたインターリーブデータ $D55$ に対して、記録媒体70へのデータの書き込みから後述する再生系における等化器59における出力までのチャネル特性を補償するようなフィルタリングを施し、バイナリ信号であるプリコード信号 $D56$ を生成する。例えば、プリコード55は、チャネルが1-Dの特性を有する場合には、次式(15)で表されるフィルタリングFを施す。プリコード55は、生成したプリコード信号 $D56$ を後段の書き込み電流ドライバ56に供給する。

【0117】

【数15】

【0119】書き込みヘッド57は、書き込み電流ドライバ56から供給された書き込み電流信号 $D57$ に応じた書き込み磁化信号 $D58$ を記録媒体70に対して与えることによって、記録媒体70に対してデータを記録する。

【0120】このような磁気記録再生装置50における

記録系は、記録媒体70に対してデータを記録する場合には、入力データD51に対して誤り訂正符号化器51により誤り訂正符号化を施し、誤り訂正符号化データD52をインターリーバ52によりビット単位で攪拌した後、インターリーブデータD53に対して変調符号化器53により所定の変調符号化を施し、さらに変調符号化データD54をインターリーバ54により変調符号ブロック単位で攪拌し、プリコーダ55によりプリコード信号D56を生成する。

【0121】そして、この記録系は、プリコーダ55により生成されたプリコード信号D56を、書き込み電流ドライバ56及び書き込みヘッド57を介して記録媒体70に記録する。

【0122】このように、磁気記録再生装置50における記録系は、誤り訂正符号化器51の後段にインターリーバ52を備えるとともに、変調符号化器53の後段にインターリーバ54を備えて、誤り訂正符号化器51と変調符号化器53とプリコーダ55との間で縦列接続符号による符号化を行うことによって、誤り訂正符号化、変調符号化及びチャンネルに対する符号化として、高性能の符号化を実現することができる。

【0123】一方、磁気記録再生装置50は、記録媒体70に記録されているデータを再生するための再生系として、記録媒体70に記録されているデータを読み出すための読み出しヘッド58と、入力したデータを等化する等化器59と、入力したデータの利得を調整する利得調整回路60と、アナログデータをデジタルデータに変換するアナログ-デジタル変換器（以下、A/Dと記す。）61と、クロックを再生するタイミング再生回路62と、利得調整回路60を制御する利得調整コントロール回路63と、入力したデータに対してターボ復号を施すチャンネル、変調及び誤り訂正ターボ復号器64とを備える。

【0124】読み出しヘッド58は、記録媒体70から読み出し磁化信号D59を読み出し、この読み出し磁化信号D59に応じた読み出し電流信号D60を生成する。読み出しヘッド58は、生成した読み出し電流信号D60を後段の等化器59に供給する。

【0125】等化器59は、読み出しヘッド58から供給された読み出し電流信号D60に対して、記録系における記録媒体70へのデータの書き込みから当該等化器59における出力までのチャンネル応答が所定の特性、例えば1-Dとなるように等化を行い、等化信号D61を生成する。等化器59は、生成した等化信号D61を後段の利得調整回路60に供給する。

【0126】利得調整回路60は、利得調整コントロール回路63から供給される利得調整コントロール信号D65に基づいて、等化器59から供給された等化信号D61の利得を調整し、利得調整信号D62を生成する。利得調整回路60は、生成した利得調整信号D62を後

段のA/D61に供給する。

【0127】A/D61は、タイミング再生回路62から供給されるクロック信号D64に基づいて、利得調整回路60から供給された利得調整信号D62のサンプリングを行い、利得調整信号D62をデジタル化してデジタルチャンネル信号D63を生成する。A/D61は、生成したデジタルチャンネル信号D63をタイミング再生回路62、利得調整コントロール回路63、及び、チャンネル、変調及び誤り訂正ターボ復号器64に供給する。

【0128】タイミング再生回路62は、A/D61から供給されるデジタルチャンネル信号D63からクロックを再生し、クロック信号D64を生成する。タイミング再生回路62は、生成したクロック信号D64をA/D61に供給する。

【0129】利得調整コントロール回路63は、A/D61から供給されるデジタルチャンネル信号D63に基づいて、等化信号D61の振幅を期待される値に保つための制御信号である利得調整コントロール信号D65を生成する。利得調整コントロール回路63は、生成した利得調整コントロール信号D65を利得調整回路60に供給する。

【0130】チャンネル、変調及び誤り訂正ターボ復号器64は、上述した復号器30、40として構成されるSISO型の復号器を接続してターボ復号を行うものである。チャンネル、変調及び誤り訂正ターボ復号器64は、後に詳述するが、A/D61から供給されるデジタルチャンネル信号D63を入力してターボ復号を行い、復号結果を軟出力又は硬出力(hard output)の出力データD66として外部に出力する。

【0131】ここで、チャンネル、変調及び誤り訂正ターボ復号器64について図8を用いて詳述する。

【0132】チャンネル、変調及び誤り訂正ターボ復号器64は、同図に示すように、記録系におけるプリコーダ55の前段から再生系における等化器59における出力までのチャンネル応答に対する復号を行うSISO型の復号器であるチャンネルSISO復号器81と、入力したデータの順序を元に戻すデインターリーバ83、88と、入力したデータに対して変調復号を施すSISO型の復号器である変調SISO復号器84と、入力したデータの順序を並べ替えるインターリーバ86、91と、入力したデータに対して誤り訂正軟復号を施す誤り訂正軟復号器89と、情報ビットに対する事前確率情報として入力するデータを切り替えるための切替スイッチ92と、4つの差分器82、85、87、90とを有する。

【0133】チャンネル復号手段であるチャンネルSISO復号器81は、上述した復号器30、40として構成されるものであり、SISO型の復号器である。チャンネルSISO復号器81は、A/D61から供給された軟入力であるデジタルチャンネル信号D63と、インターリ

ーバ86から供給された軟入力である情報ビットに対する事前確率情報信号D77又は値が“0”である情報ビットに対する事前確率情報信号D83のうち、切替スイッチ92により選択された事前確率情報信号D84とを入力し、記録系におけるプリコーダ55の前段から再生系における等化器59における出力までのチャンネル応答、例えば次式(16)で表されるチャンネル応答 $R_{ch}$ に対して、上述したBCJRアルゴリズムやSOVAアルゴリズム等に基づく軟出力復号を行う。ここで、プリコ

$$R_{ch} = (1 - D) / (1 \oplus D) \quad (\oplus \text{ は、排他的論理和}) \quad \dots (16)$$

【0135】なお、チャンネルSISO復号器81としては、上述した復号器30、40として構成されるものに限らず、SISO型の復号器として構成されるものであればよく、例えば、チャンネル応答に対応するトレリスに基づいて、上述したBCJRアルゴリズムやSOVAアルゴリズム等に基づく軟出力復号を行うものであってもよい。

【0136】差分器82は、チャンネルSISO復号器81から供給されて軟入力とされるチャンネル復号信号D71と、インターリーバ86から供給されて軟入力とされる事前確率情報信号D77との差分値を求め、この差分値で与えられるデータを符号の拘束条件により求める情報ビットに対する外部情報(extrinsic information)であるチャンネル外部情報信号D72として後段のデインターリーバ83に軟出力として出力する。なお、このチャンネル外部情報信号D72は、記録系におけるインターリーバ54によりインターリーブされたインターリーブデータD55に対応するものである。

【0137】第1の逆撹拌手段であるデインターリーバ83は、記録系におけるインターリーバ54によりインターリーブされたインターリーブデータD55のビット配列を、それぞれ、元の変調符号化データD54のビット配列に戻すように、差分器82から供給される軟入力のチャンネル外部情報信号D72に変調符号ブロック単位でデインターリーブを施す。デインターリーバ83は、デインターリーブして得られたデータを変調SISO復号器84における符号ビットに対する事前確率情報であるデインターリーブ信号D73として、変調SISO復号器84及び差分器85に供給する。

【0138】変調復号手段である変調SISO復号器84は、上述した復号器30、40として構成されるものであり、SISO型の復号器である。ここで、記録系における変調符号化器53により符号化率が $R = K/N$ の変調符号化が施され、変調符号化器53による変調符号化後の変調符号化データD54を $M(t)$  ( $0 \leq t < N$ )、変調符号化器53による変調符号化前のインターリーブデータD53を $E(t)$  ( $0 \leq t < L$ )と表すものとする。変調SISO復号器84は、デインターリーバ83から供給される軟入力であるデインターリーブ信

ーダ55によるプリコード前のインターリーブデータD55を $C(t)$  ( $0 \leq t \leq N$ )と表すと、チャンネルSISO復号器81は、この $C(t)$ に対する事後確率情報である対数事後確率比 $\log(P(C(t)=1)/P(C(t)=0))$ を算出し、この対数事後確率比をチャンネル復号信号D71として後段の差分器82に供給する。

【0134】

【数16】

号D73を入力するとともに、インターリーバ91から供給される軟入力であるインターリーブ信号D82を入力する。続いて、変調SISO復号器84は、符号ビットに対する事前確率情報であるデインターリーブ信号D73と、情報ビットに対する事前確率情報であるインターリーブ信号D82とに基づいて、 $M(t)$ に対する事後確率情報である対数事後確率比 $\log(P(M(t)=1)/P(M(t)=0))$ と、 $E(t)$ に対する事後確率情報である対数事後確率比 $\log(P(E(t)=1)/P(E(t)=0))$ とを算出する。そして、変調SISO復号器84は、 $M(t)$ に対する事後確率情報である対数事後確率比を変調チャンネル復号信号D74として差分器85に供給するとともに、 $E(t)$ に対する事後確率情報である対数事後確率比を変調復号信号D75として差分器87に供給する。

【0139】差分器85は、変調SISO復号器84から供給されて軟入力とされる変調チャンネル復号信号D74と、デインターリーバ83から供給されて軟入力とされるデインターリーブ信号D73との差分値を求め、この差分値で与えられるデータを符号の拘束条件により求める符号ビットに対する外部情報である変調誤り訂正外部情報信号D76として後段のインターリーバ86に軟出力として出力する。

【0140】第3の撹拌手段であるインターリーバ86は、差分器85から供給された軟入力である変調誤り訂正外部情報信号D76に対して、記録系におけるインターリーバ54と同一の撹拌位置情報に基づいた変調符号ブロック単位でのインターリーブを施す。インターリーバ86は、インターリーブして得られたデータをチャンネルSISO復号器81における情報ビットに対する事前確率情報信号D77として、チャンネルSISO復号器81及び差分器82に供給する。

【0141】差分器87は、変調SISO復号器84から供給されて軟入力とされる変調復号信号D75と、インターリーバ91から供給されて軟入力とされるインターリーブ信号D82との差分値を求め、この差分値で与えられるデータを符号の拘束条件により求める情報ビットに対する外部情報である変調外部情報信号D78として後段のデインターリーバ88に軟出力として出力す

る。なお、この変調外部情報信号D78は、記録系におけるインターリーブ52によりインターリーブされたインターリーブデータD53に対応するものである。

【0142】第2の逆撹拌手段であるデインターリーブ88は、記録系におけるインターリーブ52によりインターリーブされたインターリーブデータD53のビット配列を、それぞれ、元の誤り訂正符号化データD52のビット配列に戻すように、差分器87から供給される軟入力の変調外部情報信号D78にビット単位でデインターリーブを施す。デインターリーブ88は、デインターリーブして得られたデータを誤り訂正軟復号器89における符号ビットに対する事前確率情報であるデインターリーブ信号D79として、誤り訂正軟復号器89及び差分器90に供給する。

【0143】誤り訂正復号手段である誤り訂正軟復号器89は、上述した復号器30、40として構成されるものであり、デインターリーブ88から供給された軟入力であるデインターリーブ信号D79に対して、上述したBCJRアルゴリズムやSOVAアルゴリズム等に基づく誤り訂正符号の軟復号を行う。ここで、記録系における誤り訂正符号化器51による誤り訂正符号化後の誤り訂正符号化データD52を $E(t)$  ( $0 \leq t < L$ )、誤り訂正符号化器51による誤り訂正符号化前の入力データD51を $I(t)$  ( $0 \leq t < K$ )と表すものとする。誤り訂正軟復号器89は、 $E(t)$ に対する事後確率情報である対数事後確率比 $\log(P(E(t)=1)/P(E(t)=0))$ を算出し、この対数事後確率比を誤り訂正復号信号D80として差分器90に供給するとともに、 $I(t)$ に対する事後確率情報である対数事後確率比 $\log(P(I(t)=1)/P(I(t)=0))$ を算出し、この対数事後確率比に基づく復号結果を軟出力又は硬出力の出力データD66として外部に出力する。

【0144】差分器90は、誤り訂正軟復号器89から供給されて軟入力とされる誤り訂正復号信号D80と、デインターリーブ88から供給されて軟入力とされるデインターリーブ信号D79との差分値を求め、この差分値で与えられるデータを符号の拘束条件により求まる符号ビットに対する外部情報である誤り訂正外部情報信号D81として後段のインターリーブ91に軟出力として出力する。

【0145】第4の撹拌手段であるインターリーブ91は、差分器90から供給された軟入力である誤り訂正外部情報信号D81に対して、記録系におけるインターリーブ52と同一の撹拌位置情報に基づいたビット単位でのインターリーブを施す。インターリーブ91は、インターリーブして得られたデータを変調SISO復号器84における情報ビットに対する事前確率情報であるインターリーブ信号D82として、変調SISO復号器84及び差分器87に供給する。

【0146】切替スイッチ92は、復号の初期時には、事前確率情報信号D83である0値を供給する被選択端子aと連結することによって、チャンネルSISO復号器81における情報ビットに対する事前確率情報信号D84として、事前確率情報信号D83を選択する。そして、切替スイッチ92は、それ以降では、インターリーブ86から供給される事前確率情報信号D77を供給する被選択端子bと連結し、事前確率情報信号D84として、事前確率情報信号D77を選択する。

【0147】このように構成されるチャンネル、変調及び誤り訂正ターボ復号器64は、記録系における誤り訂正符号化器51、変調符号化器53及びプリコーダ55のそれぞれに対応する誤り訂正軟復号器89、変調SISO復号器84及びチャンネルSISO復号器81を備えることによって、復号複雑度が高い符号を複雑度の小さい要素に分解し、チャンネルSISO復号器81、変調SISO復号器84及び誤り訂正軟復号器89の間の相互作用により特性を逐次的に向上させることができる。チャンネル、変調及び誤り訂正ターボ復号器64は、A/D61から供給される軟入力であるディジタルチャンネル信号D63を入力すると、チャンネルSISO復号器81乃至誤り訂正軟復号器89の復号動作を例えば数回乃至数十回といった所定の回数だけ反復して行い、所定の回数の復号動作の結果得られた軟出力の対数事後確率比を、軟出力の出力データD66としてそのまま外部に出力するか、若しくは、図示しない2値化回路により2値化して硬出力の出力データD66として外部に出力する。

【0148】このような磁気記録再生装置50における再生系は、記録媒体70に記録されているデータを再生する場合には、読み出しヘッド58、等化器59、利得調整回路60及びA/D61を経て生成された軟入力とされるディジタルチャンネル信号D63に対して、チャンネル、変調及び誤り訂正ターボ復号器64によりターボ復号を行い、記録系における誤り訂正符号化器51に投入された入力データD51に対応する出力データD66を生成して出力する。

【0149】このように、磁気記録再生装置50における再生系は、チャンネル、変調及び誤り訂正ターボ復号器64を備えて、記録系における誤り訂正符号化器51、変調符号化器53及びプリコーダ55のそれぞれに対応する誤り訂正軟復号器89、変調SISO復号器84及びチャンネルSISO復号器81の間でターボ復号を行うことによって、チャンネル応答、変調符号化及び誤り訂正符号化に対応する復号を実現することができる。

【0150】以上のように、磁気記録再生装置50は、記録系において、誤り訂正符号化器51の後段にインターリーブ52を備えたとともに、変調符号化器53の後段にインターリーブ54を備えて、誤り訂正符号化器51と変調符号化器53とプリコーダ55との間で縦列連接符号による符号化を行い、再生系において、チャネ

ル、変調及び誤り訂正ターボ復号器64を備えて、ターボ復号を行うことによって、高性能の符号化を実現するとともに、この符号に対する全ての復号処理について軟情報を利用した効率のよいターボ復号を行うことができ、情報を削減する必要がないことから、結果として復号誤り率を大幅に低下させることが可能となる。

【0151】つぎに、第2の実施の形態として示す磁気記録再生装置について説明する。この磁気記録再生装置は、少なくとも変調符号化及び復号の際に、ブロック単位での符号化及び復号を行うのではなく、前後のデータに相関を持たせて符号化するとともに、制約条件に対応したトレリス復号を行うものである。

【0152】ここではまず、この磁気記録再生装置の記録系に適用するインターリーバについて説明する。

【0153】この記録系に適用するインターリーバとしては、先に図1に示したインターリーバ10と同様に構成され、ビット単位でデータを攪拌してデータを構成する各ビットの順序を並べ替えるものと、先に図2に示したインターリーバ20と同様に構成され、トレリスの変調符号ブロック単位でデータを攪拌してデータを構成する各ビットの順序を並べ替えるものが考えられる。なお、ビット単位でデータを攪拌するインターリーバについては先に述べたことから、ここでは説明を省略し、トレリスの変調符号ブロック単位でデータを攪拌するインターリーバについて簡単に説明する。

【0154】トレリスの変調符号ブロック単位でデータを攪拌するインターリーバによって、表3に示した変換テーブルにしたがって、2ビットの入力ビットに対して3ビットの出力ビットを生成する変調符号化がなされたデータを構成する各ビットの順序を並べ替えることを考える。この場合、変調符号化がなされたデータが満たす制約条件が $(d, k) = (0, 2)$ 制限であるならば、インターリーバは、 $(d, k) = (0, 4)$ 制限を満たす系列を生成する。

【0155】なお、インターリーバとしては、トレリスの変調符号ブロック単位でデータを攪拌するものに限らず、インターリーブ後に所定の制約条件を満たすようにデータを攪拌するものであれば、いかなるものでも適用することができる。

【0156】つぎに、磁気記録再生装置の記録系に適用する符号化器及び再生系に適用するSISO型の復号器について図9乃至図12を参照して説明する。なお、これらの符号化器及び復号器は、それぞれ、変調符号化及び変調復号するものとして示されるものであるが、チャネルに対する符号化器及び復号器や、誤り訂正符号化及び復号を施す符号化器及び復号器も、それぞれ、同様の構成で実現されるものであることをここで断っておく。

【0157】磁気記録再生装置は、共通のトレリスを元にして変調符号化及び変調復号を行う。一般に、トレリスの構造は、変調符号に加わる制限に応じて変化する

が、ここでは、符号化率 $R = 2/3$ の $(d, k) = (0, 2)$ 制限を満たす変調符号化及び変調復号について説明する。

【0158】 $(d, k) = (0, 2)$ 制限を満たす符号を生成するための状態遷移図は、図9に示すように表すことができる。同図において、 $S_0, S_1, S_2$ は、それぞれ、各状態を示し、各状態間に付されたラベルは、それぞれ、状態遷移が行われた際に出力されるビットを示すものとする。例えば、“ $S_0 \rightarrow S_1 \rightarrow S_2$ ”という状態遷移が行われた場合には、出力されるビット系列は、“00”となる。この状態遷移図にしたがった状態遷移が行われた場合に出力されるビット系列は、必ず $(d, k) = (0, 2)$ 制限を満たす。

【0159】ここで、2ビットの入力に対して3ビットの変調符号を出力する符号化率 $R = 2/3$ の変調符号化を行うことを考える。この場合、 $(d, k) = (0, 2)$ 制限を満たす変調符号を生成するには、同図に示す状態遷移図にしたがって3回ずつ状態遷移し、その際の変調符号とすればよいことは明らかである。

【0160】このように同図に示す状態遷移図にしたがって3回状態遷移した際のトレリス、すなわち、状態遷移図を時間方向に展開して得られるダイアグラムは、図10に示すようになる。例えば、同図に示すトレリスにおいて、最上部に位置する枝は、状態 $S_2$ から3回状態遷移して再び状態 $S_2$ に至る経路が1通り存在し、その場合の出力が“100”であることを示している。

【0161】さらにここで、2ビットの入力に対して3ビットの変調符号を出力する変調符号化を行う場合には、各状態から $2^2 = 4$ 本の枝を選択し、これらの枝を2ビットの入力である“00, 01, 10, 11”に割り振ることによって、入力と出力とを対応付けたトレリスを構成することができる。このように、枝の選択を行って構成されたトレリスは、図11に示すようになる。同図において、各状態間に付されたラベルは、それぞれ、入力/出力を示している。例えば、同図に示すトレリスにおいて、 $S_0 \rightarrow S_2$ を示す1本の枝は、状態 $S_0$ の際に“11”を入力した場合には、“100”を出力して状態 $S_2$ に状態遷移することを示している。

【0162】第2の実施の形態として示す磁気記録再生装置に適用する符号化器は、このような手順により構成されたトレリスにしたがって状態遷移を繰り返して符号化を行い、入力データ間に相関のある変調符号系列を生成することとなる。このような符号化器としては、具体的には、例えば図12に示すような各部を有するものが考えられる。

【0163】同図に示す符号化器100は、当該符号化器100の状態(ステート)を保持するステートレジスタ101と、次に遷移すべき次状態を算出する次ステート算出回路102と、出力信号D94を算出する出力信号算出回路103とを有する。

【0164】ステートレジスタ101は、2ビットのレジスタであり、現在の符号化器100の状態を表す2ビットを保持する。ステートレジスタ101は、次ステート算出回路102から供給される次状態信号D93に基づく次状態を表す2ビットを保持するのにもなって、現在の状態を表す2ビットを示す状態信号D92を次ステート算出回路102及び出力信号算出回路103に供給する。

【0165】次ステート算出回路102は、入力信号D91と、ステートレジスタ101から供給される状態信号D92とを入力すると、例えば次表4に示す入出力対応表にしたがって次状態を算出する。次ステート算出回路102は、次状態を示す次状態信号D93をステートレジスタ101に供給する。

【0166】

【表4】

表4 入出力対応表の一例

状態信号	入力信号	次状態信号
0	00	0
0	01	1
0	10	1
0	11	2
1	00	1
1	01	0
1	10	0
1	11	2
2	00	2
2	01	0
2	10	0
2	11	1
3	00	0
3	01	0
3	10	0
3	11	0

【0167】出力信号算出回路103は、入力信号D91と、ステートレジスタ101から供給される状態信号D92とを入力すると、例えば次表5に示す入出力対応表にしたがって出力信号D94を算出して出力する。なお、この出力信号D94は、 $(d, k) = (0, 2)$  制限を満たすものである。

【0168】

【表5】

表5 入出力対応表の一例

状態信号	入力信号	出力信号
0	00	111
0	01	110
0	10	010
0	11	100
1	00	110
1	01	011
1	10	111
1	11	100
2	00	100
2	01	101
2	10	111
2	11	110
3	00	111
3	01	111
3	10	111
3	11	111

【0169】このような符号化器100は、入力信号D91を入力すると、次ステート算出回路103によって、この入力信号D91と、状態信号D92とを用いて次状態を算出し、ステートレジスタ101に逐次保持させる。そして、符号化器100は、出力信号算出回路103によって、入力信号D91と、状態信号D92とを用いて出力信号D94を算出し、外部に出力する。

【0170】なお、符号化器100においては、状態S3が存在しないため、当該符号化器100のリセット前に状態S3に遷移した場合には、表5に基づいて即座に“111”を出力信号D94として出力し、状態S0に復帰する機能を実現している。

【0171】一方、このような符号化器により符号化された信号を復号する復号器としては、先に図11に示したトレリスに基づいて、BCJRアルゴリズムやSOVAアルゴリズム等に基づく復号を適用するものとする。磁気記録再生装置においては、このような復号器とすることによって、符号化器における信号の相関を利用したトレリス復号を行うことができる。

【0172】特に、磁気記録再生装置においては、トレリス復号を行う場合に、復号器として、BCJRアルゴリズム又はSOVAアルゴリズム等のSISO型復号を行うことによって、軟情報を利用した復号を行うことができ、復号誤り率を向上させることができる。

【0173】これらのようなインターリーバ、符号化器及び復号器を適用した磁気記録再生装置について図13を用いて説明する。

【0174】同図に示す磁気記録再生装置110は、デ



ータを記録媒体70に記録するための記録系として、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化器111と、入力したデータの順序を並べ替えるインターリーバ112、114と、入力したデータに対して変調符号化を施す変調符号化器113と、入力したデータに対してチャンネル特性を補償するようなフィルタリングを施すプリコード115と、入力したデータの各ビットを書き込み電流値に変換する書き込み電流ドライバ116と、記録媒体70に対してデータを記録するための書き込みヘッド117とを備える。

【0175】誤り訂正符号化手段である誤り訂正符号化器111は、磁気記録再生装置50における誤り訂正符号化器51と同様に、入力データD101に対して誤り訂正符号化を施す。誤り訂正符号化器111は、誤り訂正符号化して生成した誤り訂正符号化データD102を後段のインターリーバ112に供給する。

【0176】第1の攪拌手段であるインターリーバ112は、上述した磁気記録再生装置50におけるインターリーバ52と同様に、誤り訂正符号化器111により符号化がなされた誤り訂正符号化データD102をビット単位で攪拌し、誤り訂正符号化データD102を構成する各ビットの順序を並べ替える。インターリーバ112は、生成したインターリーブデータD103を後段の変調符号化器113に供給する。

【0177】変調符号化手段である変調符号化器113は、上述した符号化器100として構成されるものであり、トレリスにしたがって状態遷移を繰り返して符号化を行い、入力データ間に相関のある変調符号系列を生成する変調符号化器である。変調符号化器113は、インターリーバ112から供給されたインターリーブデータD103に対して所定のトレリス変調符号化を施し、制限が加えられた系列である変調符号化データD104を生成する。変調符号化器113は、生成した変調符号化データD104を後段のインターリーバ114に供給する。

【0178】第2の攪拌手段であるインターリーバ114は、変調符号化器113によりブロック変調による符号化がなされた変調符号化データD104を所定単位、例えば、トレリスの変調符号ブロック単位で攪拌し、変調符号化データD104を構成する各ビットの順序を並べ替える。インターリーバ114は、生成したインターリーブデータD105を後段のプリコード115に供給する。

【0179】プリコード手段であるプリコード115は、上述した磁気記録再生装置50におけるプリコード55と同様に、インターリーバ114から供給されたインターリーブデータD105に対して、記録媒体70へのデータの書き込みから再生系における等化器119における出力までのチャンネル特性を補償するようなフィルタリングを施し、バイナリ信号であるプリコード信号D

106を生成する。プリコード115は、生成したプリコード信号D106を後段の書き込み電流ドライバ116に供給する。

【0180】書き込み電流ドライバ116は、上述した磁気記録再生装置50における書き込み電流ドライバ56と同様に、プリコード115から供給されたプリコード信号D106に対して、各ビットを書き込み電流値 $I_s$ に変換し、書き込み電流信号D107を生成する。書き込み電流ドライバ116は、生成した書き込み電流信号D107を後段の書き込みヘッド117に供給する。

【0181】書き込みヘッド117は、上述した磁気記録再生装置50における書き込みヘッド57と同様に、書き込み電流ドライバ116から供給された書き込み電流信号D107に応じた書き込み磁化信号D108を記録媒体70に対して与えることによって、記録媒体70に対してデータを記録する。

【0182】このような磁気記録再生装置110における記録系は、記録媒体70に対してデータを記録する場合には、入力データD101に対して誤り訂正符号化器111により誤り訂正符号化を施し、誤り訂正符号化データD102をインターリーバ112によりビット単位で攪拌した後、インターリーブデータD103に対して変調符号化器113により所定のトレリス変調符号化を施し、さらに変調符号化データD104をインターリーバ114により例えばトレリスの変調符号ブロック単位で攪拌し、プリコード115によりプリコード信号D106を生成する。

【0183】そして、この記録系は、プリコード115により生成されたプリコード信号D106を、書き込み電流ドライバ116及び書き込みヘッド117を介して記録媒体70に記録する。

【0184】このように、磁気記録再生装置110における記録系は、誤り訂正符号化器111の後段にインターリーバ112を備えるとともに、変調符号化器113の後段にインターリーバ114を備えて、誤り訂正符号化器111と変調符号化器113とプリコード115との間で縦列接続符号による符号化を行うことによって、誤り訂正符号化、変調符号化及びチャンネルに対する符号化として、高性能の符号化を実現することができる。

【0185】一方、磁気記録再生装置110は、記録媒体70に記録されているデータを再生するための再生系として、記録媒体70に記録されているデータを読み出すための読み出しヘッド118と、入力したデータを等化する等化器119と、入力したデータの利得を調整する利得調整回路120と、アナログデータをデジタルデータに変換するアナログ-デジタル変換器121と、クロックを再生するタイミング再生回路122と、利得調整回路120を制御する利得調整コントロール回路123と、入力したデータに対してターボ復号を施すチャンネル、変調及び誤り訂正ターボ復号器124とを備

える。

【0186】読み出しヘッド118は、上述した磁気記録再生装置50における読み出しヘッド58と同様に、記録媒体70から読み出し磁化信号D109を読み出し、この読み出し磁化信号D109に応じた読み出し電流信号D110を生成する。読み出しヘッド118は、生成した読み出し電流信号D110を後段の等化器119に供給する。

【0187】等化器119は、上述した磁気記録再生装置50における等化器59と同様に、読み出しヘッド118から供給された読み出し電流信号D110に対して、記録系における記録媒体70へのデータの書き込みから当該等化器119における出力までのチャンネル応答が所定の特性となるように等化を行い、等化信号D111を生成する。等化器119は、生成した等化信号D111を後段の利得調整回路120に供給する。

【0188】利得調整回路120は、上述した磁気記録再生装置50における利得調整回路60と同様に、利得調整コントロール回路123から供給される利得調整コントロール信号D115に基づいて、等化器119から供給された等化信号D111の利得を調整し、利得調整信号D112を生成する。利得調整回路120は、生成した利得調整信号D112を後段のA/D121に供給する。

【0189】A/D121は、上述した磁気記録再生装置50におけるA/D61と同様に、タイミング再生回路122から供給されるクロック信号D114に基づいて、利得調整回路120から供給された利得調整信号D112のサンプリングを行い、利得調整信号D112をデジタル化してデジタルチャンネル信号D113を生成する。A/D121は、生成したデジタルチャンネル信号D113をタイミング再生回路122、利得調整コントロール回路123、及び、チャンネル、変調及び誤り訂正ターボ復号器124に供給する。

【0190】タイミング再生回路122は、上述した磁気記録再生装置50におけるタイミング再生回路62と同様に、A/D121から供給されるデジタルチャンネル信号D113からクロックを再生し、クロック信号D114を生成する。タイミング再生回路122は、生成したクロック信号D114をA/D121に供給する。

【0191】利得調整コントロール回路123は、上述した磁気記録再生装置50における利得調整コントロール回路63と同様に、A/D121から供給されるデジタルチャンネル信号D113に基づいて、等化信号D111の振幅を期待される値に保つための制御信号である利得調整コントロール信号D115を生成する。利得調整コントロール回路123は、生成した利得調整コントロール信号D115を利得調整回路120に供給する。

【0192】チャンネル、変調及び誤り訂正ターボ復号器124は、上述した磁気記録再生装置50におけるチャ

ネル及び変調ターボ復号器64と同様に、SISO型の復号器を接続してターボ復号を行うものである。チャンネル、変調及び誤り訂正ターボ復号器124は、後に詳述するが、A/D121から供給されるデジタルチャンネル信号D113を入力してターボ復号を行い、復号結果を軟出力又は硬出力の出力データD116として外部に出力する。

【0193】ここで、チャンネル、変調及び誤り訂正ターボ復号器124について図14を用いて詳述する。

【0194】チャンネル、変調及び誤り訂正ターボ復号器124は、同図に示すように、記録系におけるプリコーダ115の前段から再生系における等化器119における出力までのチャンネル応答に対する復号を行うSISO型の復号器であるチャンネルSISO復号器131と、入力したデータの順序を元に戻すデインターリーバ133、138と、入力したデータに対して変調復号を施すSISO型の復号器である変調SISO復号器134と、入力したデータの順序を並べ替えるインターリーバ136、141と、入力したデータに対して誤り訂正軟復号を施す誤り訂正軟復号器139と、情報ビットに対する事前確率情報として入力するデータを切り替えるための切替スイッチ142と、4つの差分器132、135、137、140とを有する。

【0195】チャンネル復号手段であるチャンネルSISO復号器131は、A/D121から供給された軟入力であるデジタルチャンネル信号D113と、インターリーバ136から供給された軟入力である情報ビットに対する事前確率情報信号D127又は値が“0”である情報ビットに対する事前確率情報信号D133のうち、切替スイッチ142により選択された事前確率情報信号D134とを入力し、記録系におけるプリコーダ115の前段から再生系における等化器119における出力までのチャンネル応答に対応するトレリスに基づいて、上述したBCJRアルゴリズムやSOVAアルゴリズム等に基づく軟出力復号を行う。ここで、プリコーダ115によるプリコード前のインターリーブデータD105をC

(t) ( $0 \leq t \leq N$ )と表すと、チャンネルSISO復号器131は、このC(t)に対する事後確率情報である対数事後確率比 $\log(P(C(t)=1)/P(C(t)=0))$ を算出し、この対数事後確率比をチャンネル復号信号D121として後段の差分器132に供給する。

【0196】差分器132は、チャンネルSISO復号器131から供給されて軟入力とされるチャンネル復号信号D121と、インターリーバ136から供給されて軟入力とされる事前確率情報信号D127との差分値を求め、この差分値で与えられるデータを符号の拘束条件により求まる情報ビットに対する外部情報であるチャンネル外部情報信号D122として後段のデインターリーバ133に軟出力として出力する。なお、このチャンネル外部

情報信号D122は、記録系におけるインターリーブ114によりインターリーブされたインターリーブデータD105に対応するものである。

【0197】第1の逆撹拌手段であるデインターリーブ133は、記録系におけるインターリーブ114によりインターリーブされたインターリーブデータD105のビット配列を、それぞれ、元の変調符号化データD104のビット配列に戻すように、差分器132から供給される軟入力の変調外部情報信号D122に所定単位、例えば、変調符号ブロック単位でデインターリーブを施す。デインターリーブ133は、デインターリーブして得られたデータを変調SISO復号器134における符号ビットに対する事前確率情報であるデインターリーブ信号D123として、変調SISO復号器134及び差分器135に供給する。

【0198】変調復号手段である変調SISO復号器134は、記録系における変調符号化器113により符号化された信号を復号するものであり、SISO型の変調復号器である。ここで、変調符号化器113により符号化率が $R=K/N$ の変調符号化が施され、変調符号化器113による変調符号化後の変調符号化データD104を $M(t)$  ( $0 \leq t < N$ )、変調符号化器113による変調符号化前のインターリーブデータD103を $E(t)$  ( $0 \leq t < L$ )と表すものとする。

変調SISO復号器134は、デインターリーブ133から供給される軟入力であるデインターリーブ信号D123を入力するとともに、インターリーブ114から供給される軟入力であるインターリーブ信号D132を入力し、制約条件に対応したトレリスを用いて、 $M(t)$ に対する事後確率情報である対数事後確率比 $\log(P(M(t)=1)/P(M(t)=0))$ と、 $E(t)$ に対する事後確率情報である対数事後確率比 $\log(P(E(t)=1)/P(E(t)=0))$ とを算出する。そして、変調SISO復号器134は、 $M(t)$ に対する事後確率情報である対数事後確率比を変調チャンネル復号信号D124として差分器135に供給するとともに、 $E(t)$ に対する事後確率情報である対数事後確率比を変調復号信号D125として差分器137に供給する。

【0199】差分器135は、変調SISO復号器134から供給されて軟入力とされる変調チャンネル復号信号D124と、デインターリーブ133から供給されて軟入力とされるデインターリーブ信号D123との差分値を求め、この差分値で与えられるデータを符号の拘束条件により求まる符号ビットに対する外部情報である変調誤り訂正外部情報信号D126として後段のインターリーブ136に軟出力として出力する。

【0200】第3の撹拌手段であるインターリーブ136は、差分器135から供給された軟入力である変調誤り訂正外部情報信号D126に対して、記録系におけるインターリーブ114と同一の撹拌位置情報に基づいた

所定単位、例えば、変調符号ブロック単位でのインターリーブを施す。インターリーブ136は、インターリーブして得られたデータをチャンネルSISO復号器131における情報ビットに対する事前確率情報信号D127として、チャンネルSISO復号器131及び差分器132に供給する。

【0201】差分器137は、変調SISO復号器134から供給されて軟入力とされる変調復号信号D125と、インターリーブ141から供給されて軟入力とされるインターリーブ信号D132との差分値を求め、この差分値で与えられるデータを符号の拘束条件により求まる情報ビットに対する外部情報である変調外部情報信号D128として後段のデインターリーブ138に軟出力として出力する。なお、この変調外部情報信号D128は、記録系におけるインターリーブ112によりインターリーブされたインターリーブデータD103に対応するものである。

【0202】第2の逆撹拌手段であるデインターリーブ138は、記録系におけるインターリーブ112によりインターリーブされたインターリーブデータD103のビット配列を、それぞれ、元の誤り訂正符号化データD102のビット配列に戻すように、差分器137から供給される軟入力の変調外部情報信号D128にビット単位でデインターリーブを施す。デインターリーブ138は、デインターリーブして得られたデータを誤り訂正軟復号器139における符号ビットに対する事前確率情報であるデインターリーブ信号D129として、誤り訂正軟復号器139及び差分器140に供給する。

【0203】誤り訂正復号手段である誤り訂正軟復号器139は、デインターリーブ138から供給された軟入力であるデインターリーブ信号D129に対して、上述したBCJRアルゴリズムやSOVAアルゴリズム等に基づく誤り訂正符号の軟復号を行う。ここで、記録系における誤り訂正符号化器111による誤り訂正符号化後の誤り訂正符号化データD102を $E(t)$  ( $0 \leq t < L$ )、誤り訂正符号化器111による誤り訂正符号化前の入力データD101を $I(t)$  ( $0 \leq t < K$ )と表すものとする。誤り訂正軟復号器139は、 $E(t)$ に対する事後確率情報である対数事後確率比 $\log(P(E(t)=1)/P(E(t)=0))$ を算出し、この対数事後確率比を誤り訂正復号信号D130として差分器140に供給するとともに、 $I(t)$ に対する事後確率情報である対数事後確率比 $\log(P(I(t)=1)/P(I(t)=0))$ を算出し、この対数事後確率比に基づく復号結果を軟出力又は硬出力の出力データD116として外部に出力する。

【0204】差分器140は、誤り訂正軟復号器139から供給されて軟入力とされる誤り訂正復号信号D130と、デインターリーブ138から供給されて軟入力とされるデインターリーブ信号D129との差分値を求

め、この差分値で与えられるデータを符号の拘束条件により求まる符号ビットに対する外部情報である誤り訂正外部情報信号D131として後段のインターリーバ141に軟出力として出力する。

【0205】第4の攪拌手段であるインターリーバ141は、差分器140から供給された軟入力である誤り訂正外部情報信号D131に対して、記録系におけるインターリーバ112と同一の攪拌位置情報に基づいたビット単位でのインターリーブを施す。インターリーバ141は、インターリーブして得られたデータを変調SISO復号器134における情報ビットに対する事前確率情報であるインターリーブ信号D132として、変調SISO復号器134及び差分器137に供給する。

【0206】切替スイッチ142は、復号の初期時には、事前確率情報信号D133である0値を供給する被選択端子cと連結することによって、チャンネルSISO復号器131における情報ビットに対する事前確率情報信号D134として、事前確率情報信号D133を選択する。そして、切替スイッチ142は、それ以降では、インターリーバ136から供給される事前確率情報信号D127を供給する被選択端子dと連結し、事前確率情報信号D134として、事前確率情報信号D127を選択する。

【0207】このように構成されるチャンネル、変調及び誤り訂正ターボ復号器124は、上述した磁気記録再生装置におけるチャンネル及び変調ターボ復号器64と同様に、記録系における誤り訂正符号化器111、変調符号化器113及びプリコーダ115のそれぞれに対応する誤り訂正軟復号器139、変調SISO復号器134及びチャンネルSISO復号器131を備えることによって、復号複雑度が高い符号を複雑度の小さい要素に分解し、チャンネルSISO復号器131、変調SISO復号器134及び誤り訂正軟復号器139の間の相互作用により特性を逐次的に向上させることができる。チャンネル、変調及び誤り訂正ターボ復号器124は、A/D121から供給される軟入力であるデジタルチャンネル信号D113を入力すると、チャンネルSISO復号器131乃至誤り訂正軟復号器139の復号動作を例えば数回乃至数十回といった所定の回数だけ反復して行い、所定の回数の復号動作の結果得られた軟出力の対数事後確率比を、軟出力の出力データD116としてそのまま外部に出力するか、若しくは、図示しない2値化回路により2値化して硬出力の出力データD116として外部に出力する。

【0208】このような磁気記録再生装置110における再生系は、記録媒体70に記録されているデータを再生する場合には、読み出しヘッド118、等化器119、利得調整回路120及びA/D121を経て生成された軟入力とされるデジタルチャンネル信号D113に対して、チャンネル、変調及び誤り訂正ターボ復号器12

4によりターボ復号を行い、記録系における誤り訂正符号化器111に入力された入力データD101に対応する出力データD116を生成して出力する。

【0209】このように、磁気記録再生装置110における再生系は、チャンネル、変調及び誤り訂正ターボ復号器124を備えて、記録系における誤り訂正符号化器111、変調符号化器113及びプリコーダ115のそれぞれに対応する誤り訂正軟復号器139、変調SISO復号器134及びチャンネルSISO復号器131の間でターボ復号を行うことによって、チャンネル応答、変調符号化及び誤り訂正符号化に対応する復号を実現することができる。

【0210】以上のように、磁気記録再生装置110は、記録系において、誤り訂正符号化器111の後段にインターリーバ112を備えるとともに、変調符号化器113の後段にインターリーバ114を備えて、誤り訂正符号化器111と変調符号化器113とプリコーダ115との間で縦列接続符号による符号化を行い、再生系において、チャンネル、変調及び誤り訂正ターボ復号器124を備えて、ターボ復号を行うことによって、高性能の符号化を実現するとともに、この符号に対する全ての復号処理について軟情報を利用した効率のよいターボ復号を行うことができ、情報を削減する必要がないことから、結果として復号誤り率を大幅に低下させることが可能となる。その上、磁気記録再生装置110は、記録系において前後のデータに相関を持たせて符号化を行うとともに、再生系において制約条件に対応したトレリス復号を行うことができることから、回路規模を削減することができ且つ復号誤り率をさらに低下させることが可能となる。

【0211】以上説明したように、上述した磁気記録再生装置50、110は、それぞれ、高性能の符号化を実現し、この符号に対する全ての復号処理について軟情報を利用した効率のよいターボ復号を行うことができ、復号誤り率を低下させることができる。特に、磁気記録再生装置110は、ブロック単位での符号化及び復号を行わずに、前後のデータに相関を持たせて符号化するとともに、制約条件に対応したトレリス復号を行うことによって、回路規模が削減されるとともに、復号誤り率をさらに低下させることが期待できる。すなわち、磁気記録再生装置50、110は、それぞれ、高精度の符号化及び復号システムを実現するものであり、ユーザに高い信頼性を提供することができるものである。

【0212】なお、本発明は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、例えば、上述した記録媒体70としては、磁気記録方式によるもの以外にも、いわゆるCD (Compact Disc) やDVD (Digital Versatile Disk) 等の光記録方式による記録媒体又はいわゆるMO (Magneto Optical) 等の光磁気記録方式による記録媒体であっても容易に適用可能であることは勿論である。

【0213】また、上述した実施の形態では、磁気記録再生装置110として、符号化側でトレリス変調符号化を行うとともに、復号側でトレリス変調復号を行うものとして説明したが、本発明は、例えば、磁気記録再生装置50における変調符号化器53のように、符号化側でブロック変調を行うといった場合等、符号化側でトレリス変調符号化を行わない場合であっても、復号側で制約条件に対応した復号、より具体的にはトレリス変調復号を行い、軟判定値を出力する場合でも適用することができる。

【0214】さらに、上述した実施の形態では、磁気記録再生装置50、110として、記録系と再生系とを備えた単体の装置であるものとして説明したが、記録媒体に対してデータを記録する記録系として単体の記録装置を構成し、この記録装置により記録媒体に記録されたデータを再生する再生系を単体の再生装置として構成してもよい。

【0215】以上のように、本発明は、その趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更が可能であることはいうまでもない。

#### 【0216】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明にかかるデータ記録装置は、記録媒体に対してデータを記録するデータ記録装置であって、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化手段と、この誤り訂正符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌手段と、この第1の攪拌手段から供給されたデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化手段と、この変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌手段とを備える。

【0217】したがって、本発明にかかるデータ記録装置は、第1の攪拌手段によって、誤り訂正符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替え、第2の攪拌手段によって、変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替えることによって、高性能の符号化を実現することができる。

【0218】また、本発明にかかるデータ記録方法は、記録媒体に対してデータを記録するデータ記録方法であって、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化工程と、この誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌工程と、この第1の攪拌工程にて並べ替えられたデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化工程と、この変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌工程とを備える。

【0219】したがって、本発明にかかるデータ記録方法は、第1の攪拌工程にて、誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替え、第2の攪拌工程にて、変調符号化工程にて符号化がなされた

データの順序を攪拌して並べ替えることによって、高性能の符号化を実現することが可能となる。

【0220】さらに、本発明にかかるデータ再生装置は、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化手段と、この誤り訂正符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌手段と、この第1の攪拌手段から供給されたデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化手段と、この変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌手段とを備え、記録媒体に対してデータを記録する記録機器により記録されたデータを再生するデータ再生装置であって、第2の攪拌手段により並べ替えられたデータのビット配列を、変調符号化手段により符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える第1の逆攪拌手段と、この第1の逆攪拌手段から供給されたデータを変調復号する変調復号手段と、第2の攪拌手段と同一の攪拌位置情報に基づいて、変調復号手段から出力されたデータと第1の逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第3の攪拌手段と、第1の攪拌手段により並べ替えられたデータのビット配列を、誤り訂正符号化手段により符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える第2の逆攪拌手段と、この第2の逆攪拌手段から供給されたデータに対して誤り訂正符号の復号を行う誤り訂正復号手段と、第1の攪拌手段と同一の攪拌位置情報に基づいて、誤り訂正復号手段から出力されたデータと第2の逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第4の攪拌手段とを備える。

【0221】したがって、本発明にかかるデータ再生装置は、第1の逆攪拌手段により攪拌されて並べ替えられたデータを変調復号手段により復号し、第3の攪拌手段によって、変調復号手段から出力されたデータと第1の逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替え、第2の逆攪拌手段により攪拌されて並べ替えられたデータを誤り訂正復号手段により復号し、第4の攪拌手段によって、誤り訂正復号手段から出力されたデータと第2の逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替えることによって、全ての復号処理について軟情報を利用した効率のよい復号を行うことができ、復号誤り率を大幅に低下させることができる。

【0222】さらにまた、本発明にかかるデータ再生方法は、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化工程と、この誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌工程と、この第1の攪拌工程にて並べ替えられたデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化工程と、この変調符号化工程にて符号化がなされたデータの

順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌工程とを備え、記録媒体に対してデータを記録する記録方法により記録されたデータを再生するデータ再生方法であって、第2の攪拌工程にて並べ替えられたデータのビット配列を、変調符号化工程にて符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える第1の逆攪拌工程と、この第1の逆攪拌工程にて並べ替えられたデータを変調復号する変調復号工程と、第2の攪拌工程と同一の攪拌位置情報に基づいて、変調復号工程にて復号がなされたデータと第1の逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第3の攪拌工程と、第1の攪拌工程にて並べ替えられたデータのビット配列を、誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える第2の逆攪拌工程と、この第2の逆攪拌工程にて並べ替えられたデータに対して誤り訂正符号の復号を行う誤り訂正復号工程と、第1の攪拌工程と同一の攪拌位置情報に基づいて、誤り訂正復号工程にて復号がなされたデータと第2の逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第4の攪拌工程とを備える。

【0223】したがって、本発明にかかるデータ再生方法は、第1の逆攪拌工程にて攪拌されて並べ替えられたデータを変調復号工程にて復号し、第3の攪拌工程にて、変調復号工程にて復号がなされたデータと第1の逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替え、第2の逆攪拌工程にて攪拌されて並べ替えられたデータを誤り訂正復号工程にて復号し、第4の攪拌工程にて、誤り訂正復号工程にて復号がなされたデータと第2の逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替えることによって、全ての復号処理について軟情報を利用した効率のよい復号を行うことができ、復号誤り率を大幅に低下させることが可能となる。

【0224】また、本発明にかかるデータ記録再生装置は、記録媒体に対するデータの記録及び再生を行うデータ記録再生装置であって、記録媒体に対してデータを記録する記録系として、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化手段と、この誤り訂正符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌手段と、この第1の攪拌手段から供給されたデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化手段と、この変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌手段とを備え、記録媒体に記録されているデータを再生する再生系として、第2の攪拌手段により並べ替えられたデータのビット配列を、変調符号化手段により符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌し

て並べ替える第1の逆攪拌手段と、この第1の逆攪拌手段から供給されたデータを変調復号する変調復号手段と、第2の攪拌手段と同一の攪拌位置情報に基づいて、変調復号手段から出力されたデータと第1の逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第3の攪拌手段と、第1の攪拌手段により並べ替えられたデータのビット配列を、誤り訂正符号化手段により符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える第2の逆攪拌手段と、この第2の逆攪拌手段から供給されたデータに対して誤り訂正符号の復号を行う誤り訂正復号手段と、第1の攪拌手段と同一の攪拌位置情報に基づいて、誤り訂正復号手段から出力されたデータと第2の逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第4の攪拌手段とを備える。

【0225】したがって、本発明にかかるデータ記録再生装置は、記録媒体に対してデータを記録する場合には、第1の攪拌手段によって、誤り訂正符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替え、第2の攪拌手段によって、変調符号化手段から供給されたデータの順序を攪拌して並べ替え、記録媒体に記録されているデータを再生する場合には、第1の逆攪拌手段により攪拌されて並べ替えられたデータを変調復号手段により復号し、第3の攪拌手段によって、変調復号手段から出力されたデータと第1の逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替え、第2の逆攪拌手段により攪拌されて並べ替えられたデータを誤り訂正復号手段により復号し、第4の攪拌手段によって、誤り訂正復号手段から出力されたデータと第2の逆攪拌手段から出力されたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替えることによって、高性能の符号化を実現することができるとともに、この符号に対する全ての復号処理について軟情報を利用した効率のよい復号を行うことができ、復号誤り率を大幅に低下させることができる。

【0226】さらに、本発明にかかるデータ記録再生方法は、記録媒体に対するデータの記録及び再生を行うデータ記録再生方法であって、記録媒体に対してデータを記録する記録系として、入力したデータに対して誤り訂正符号化を施す誤り訂正符号化工程と、この誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える第1の攪拌工程と、この第1の攪拌工程にて並べ替えられたデータに対して所定の変調符号化を施す変調符号化工程と、この変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替える第2の攪拌工程とを備え、記録媒体に記録されているデータを再生する再生系として、第2の攪拌工程にて並べ替えられたデータのビット配列を、変調符号化工程にて符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータ

の順序を攪拌して並べ替える第1の逆攪拌工程と、この第1の逆攪拌工程にて並べ替えられたデータを変調復号する変調復号工程と、第2の攪拌工程と同一の攪拌位置情報に基づいて、変調復号工程にて復号がなされたデータと第1の逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第3の攪拌工程と、第1の攪拌工程にて並べ替えられたデータのビット配列を、誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータのビット配列に戻すように、入力したデータの順序を攪拌して並べ替える第2の逆攪拌工程と、この第2の逆攪拌工程にて並べ替えられたデータに対して誤り訂正符号の復号を行う誤り訂正復号工程と、第1の攪拌工程と同一の攪拌位置情報に基づいて、誤り訂正復号工程にて復号がなされたデータと第2の逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替える第4の攪拌工程とを備える。

【0227】したがって、本発明にかかるデータ記録再生方法は、記録媒体に対してデータを記録する場合には、第1の攪拌工程にて、誤り訂正符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替え、第2の攪拌工程にて、変調符号化工程にて符号化がなされたデータの順序を攪拌して並べ替え、記録媒体に記録されているデータを再生する場合には、第1の逆攪拌工程にて攪拌されて並べ替えられたデータを変調復号工程にて復号し、第3の攪拌工程にて、変調復号工程にて復号がなされたデータと第1の逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替え、第2の逆攪拌工程にて攪拌されて並べ替えられたデータを誤り訂正復号工程にて復号し、第4の攪拌工程にて、誤り訂正復号工程にて復号がなされたデータと第2の逆攪拌工程にて並べ替えられたデータとの差分値で与えられるデータの順序を攪拌して並べ替えることによって、高性能の符号化を実現することが可能となるとともに、この符号に対する全ての復号処理について軟情報を利用した効率のよい復号を行うことができ、復号誤り率を大幅に低下させることが可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態として示す磁気記録再生装置の記録系に適用するビット単位でのインターリーブを施すインターリーブにおける入出力例を説明する図である。

【図2】同磁気記録再生装置の記録系に適用するビット単位でのインターリーブを施すインターリーブにおける動作を説明する図である。

【図3】同磁気記録再生装置の記録系に適用する変調符号ブロック単位でのインターリーブを施すインターリー

バにおける入出力例を説明する図である。

【図4】同磁気記録再生装置の記録系に適用する変調符号ブロック単位でのインターリーブを施すインターリーブにおける動作を説明する図である。

【図5】同磁気記録再生装置の再生系に適用する復号器における入出力例を説明する図である。

【図6】同磁気記録再生装置の再生系に適用する復号器の構成を説明するブロック図である。

【図7】同磁気記録再生装置の構成を説明するブロック図である。

【図8】同磁気記録再生装置の再生系に備えられるチャネル、変調及び誤り訂正ターボ復号器の構成を説明するブロック図である。

【図9】 $(d, k) = (0, 2)$  制限を満たす符号を生成するための状態遷移図を説明する図である。

【図10】図9に示す状態遷移図にしたがって3回状態遷移した際のトレリスを説明する図である。

【図11】図10に示すトレリスから枝の選択を行って構成されたトレリスを説明する図である。

【図12】本発明の第2の実施の形態として示す磁気記録再生装置の記録系に適用する符号化器の構成を説明するブロック図である。

【図13】同磁気記録再生装置の構成を説明するブロック図である。

【図14】同磁気記録再生装置の再生系に備えられるチャネル、変調及び誤り訂正ターボ復号器の構成を説明するブロック図である。

【図15】従来の変調符号化器における入出力例を説明する図である。

【図16】従来の変調復号器の構成を説明するブロック図である。

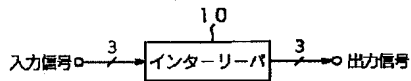
【図17】他の従来の変調復号器の構成を説明するブロック図である。

【図18】従来の磁気記録再生装置の構成を説明するブロック図である。

#### 【符号の説明】

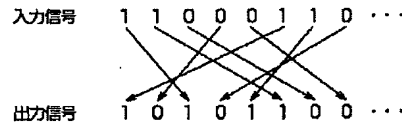
10, 20, 52, 54, 86, 91, 112, 114, 136, 141 インターリーブ、30, 40 復号器、411, 412, 413, 414, 415, 416 尤度算出回路、50, 110 磁気記録再生装置、51, 111 誤り訂正符号化器、53, 113 変調符号化器、55, 115 プリコーダ、64, 124 チャネル、変調及び誤り訂正ターボ復号器、70 記録媒体、81, 131 チャネルSISO復号器、83, 88, 133, 138 デインターリーブ、84, 134 変調SISO復号器、89, 139 誤り訂正軟復号器、100 符号化器

【図1】



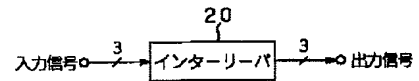
インターリーブにおける入出力例

【図2】



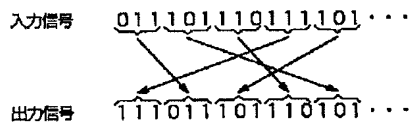
インターリーブにおける動作の説明図

【図3】



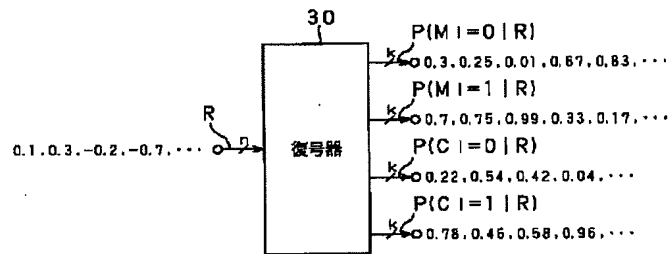
インターリーブにおける入出力例

【図4】



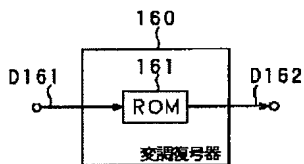
インターリーブにおける動作の説明図

【図5】



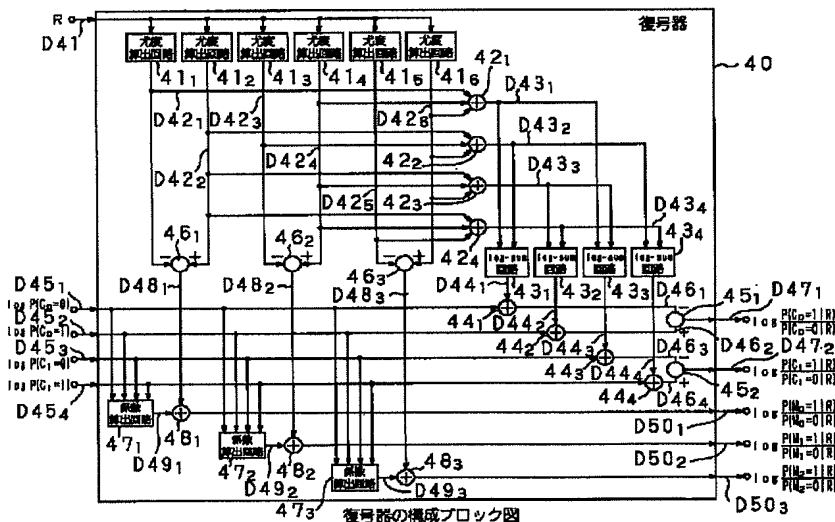
復号器における入出力例

【図16】



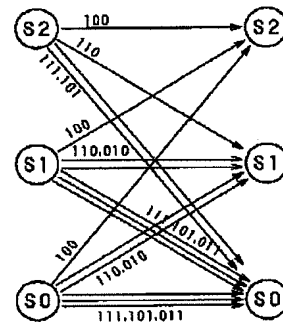
従来の変調復号器の構成ブロック図

【図6】



復号器の構成ブロック図

【図10】



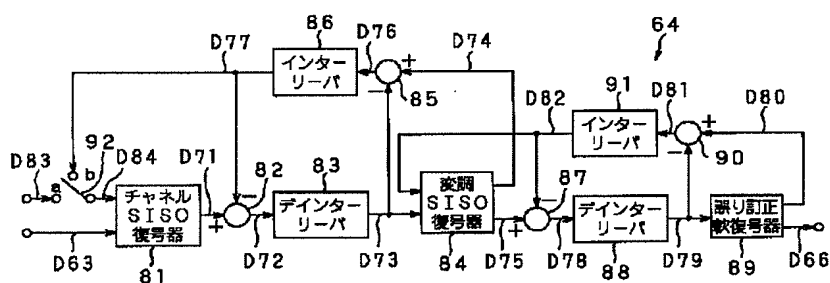
トレリスの説明図



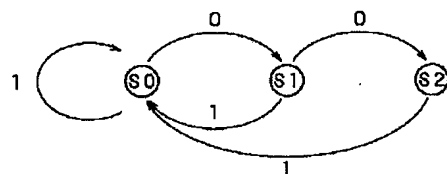
【図 1 1】



【図9】

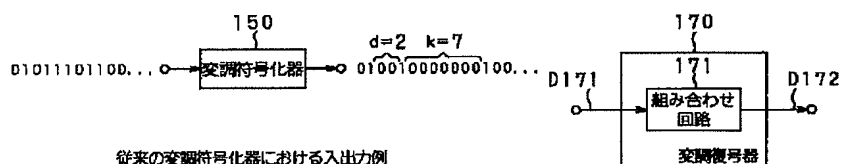


チャネル、変調及び誤り訂正ターボ復号器の構成ブロック図



### 状態遷移図の説明図

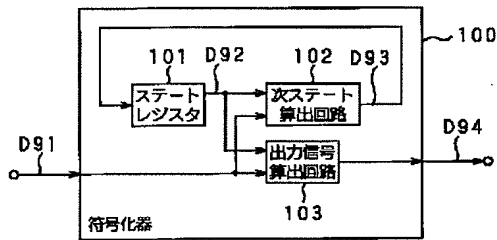
【図 17】



### 従来の変調符号化器における入出力例

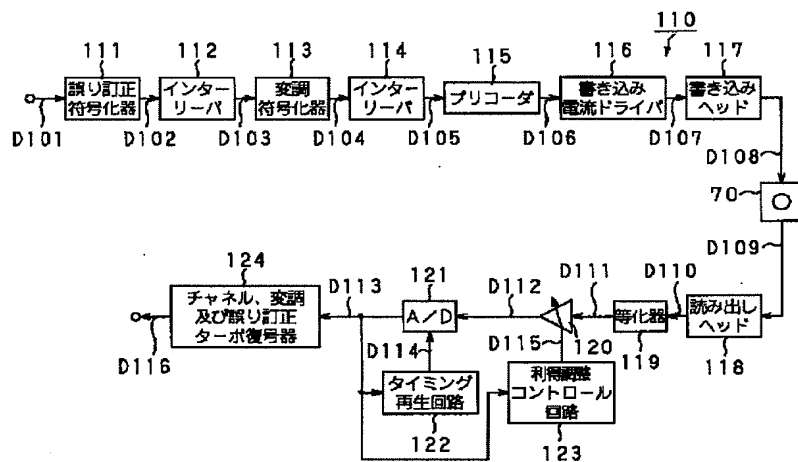
### 従来の変調復号器の構成ブロック図

【図12】



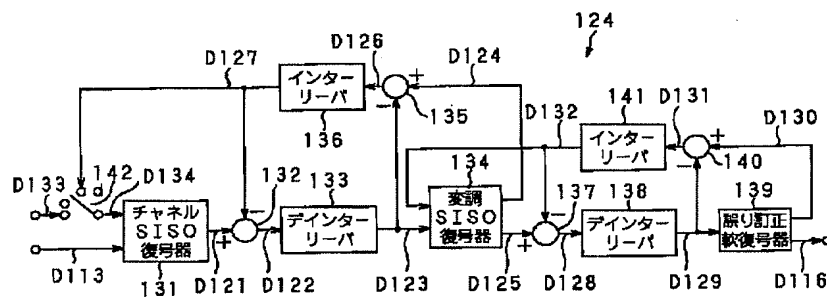
符号化器の構成ブロック図

【図13】



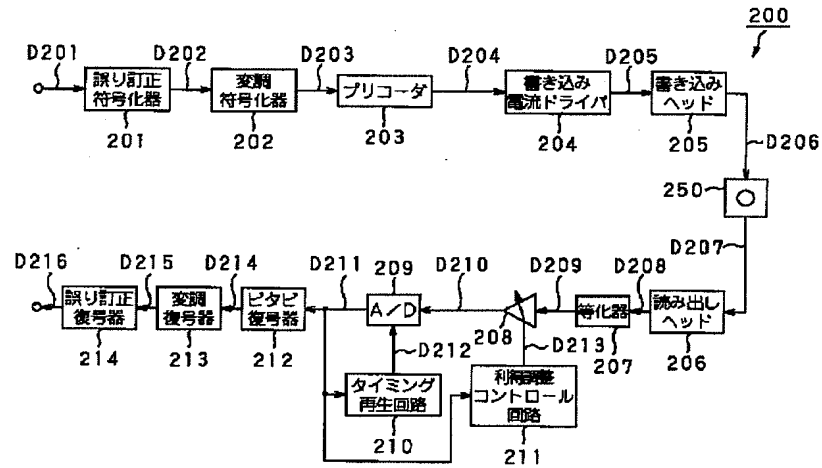
磁気記録再生装置の構成ブロック図

【図14】



チャンネル、変調及び誤り訂正ターボ復号器の構成ブロック図

【図18】



従来の磁気記録再生装置の構成ブロック図

フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7	識別記号	F I	ターム (参考)
H 0 3 M	13/13	H 0 3 M	13/13
	13/25		13/25
	13/27		13/27
	13/29		13/29
(72) 発明者	村山 淳	F ターム (参考)	5D044 BC01 BC02 CC01 CC04 DE69
	東京都品川区北品川6丁目7番35号		DE83 DE84 FG04 FG06 GL01
	ソニー株式会社内		GL02 GL20 GL31 GM02
			5J065 AD10 AG05 AG06 AH07

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-266501

(43)Date of publication of application : 28.09.2001

---

(51)Int.Cl. G11B 20/14  
G11B 20/10  
G11B 20/18  
H03M 7/14  
H03M 13/13  
H03M 13/25  
H03M 13/27  
H03M 13/29

---

(21)Application number : 2000-  
087129

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 23.03.2000

(72)Inventor : MIYAUCHI TOSHIYUKI  
HATTORI MASAYUKI  
MURAYAMA ATSUSHI

---

(54) DATA RECORDERDATA RECORDING METHODDATA REPRODUCING  
DEVICEDATA REPRODUCING METHODDATA RECORDING AND  
REPRODUCING DEVICEAND DATA RECORDING AND REPRODUCING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize advanced coding and highly efficient decoding and to lower decoding error rate.

SOLUTION: The magnetic recording/reproducing device 50 is provided with an error correction encoder 51 which applies error correction coding to inputted data in a recording systeman interleaver 52 which stirs and rearranges the order of the data supplied from the error correction encoder 51a modulation encoder 53 which applies prescribed modulation coding to the data supplied from the interleaver 52 and an interleaver 54 which stirs and rearranges the order of the data supplied from the modulation encoder 53. Thenthe magnetic recording/reproducing device 50 is provided with a channel constituted by connecting at least the error correction soft decoder which decrypts the inputted data and the modulation decoder through two de-interleavers and two interleavers in a reproduction systemand a modulation and error correction turbo decoder 64.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] A data recorder which records data to a recording medium comprising:  
An error correcting code-ized means to perform error correcting code-ization to inputted data.

The 1st stirring means that stirs and rearranges an order of data supplied from the above-mentioned error correcting code-ized means.

A modulation-code-ized means to perform predetermined modulation-code-ization to data supplied from the 1st stirring means of the above.

The 2nd stirring means that stirs and rearranges an order of data supplied from the above-mentioned modulation-code-ized means.

[Claim 2] The data recorder according to claim 1 provided with a PURIKODO means to give filtering which compensates a channel characteristic to data supplied from the 2nd stirring means of the above.

[Claim 3] The data recorder according to claim 1 wherein the 1st stirring means of the above stirs data by which coding was made by the above-mentioned error correcting code-ized means by bitwise.

[Claim 4] The data recorder according to claim 1 wherein the above-mentioned modulation-code-ized means codes according to constraints to data supplied from the 1st stirring means of the above.

[Claim 5] The data recorder according to claim 4 wherein the 2nd stirring means of the above stirs data by which coding was made by the above-mentioned modulation-code-ized means so that the above-mentioned constraints may be fulfilled.

[Claim 6] The data recorder according to claim 4 wherein the above-mentioned modulation-code-ized means performs coding by block abnormal conditions to data supplied from the 1st stirring means of the above.

[Claim 7] The data recorder according to claim 6 wherein the 2nd stirring means of the above stirs data by which coding by block abnormal conditions was made by the above-mentioned modulation-code-ized means by a modulation-code block unit.

[Claim 8] The data recorder according to claim 4 wherein the above-mentioned modulation-code-ized means codes according to a trellis corresponding to the above-mentioned constraints to data supplied from the 1st stirring means of the above.

[Claim 9] The data recorder according to claim 8 wherein the 2nd stirring means of the above stirs data by which coding was made by the above-mentioned modulation-code-ized means by a modulation-code block unit of the above-mentioned trellis.

[Claim 10] The data recorder according to claim 1 wherein the above-mentioned recording medium is what data is recorded on by magnetism, light or magneto optic recording.

[Claim 11] A data recording method which records data to a recording medium comprising:

An error correcting code chemically-modified [ which performs error correcting code-ization to inputted data ] degree.

The 1st stirring process that stirs and rearranges an order of data that coding was made to an error correcting code chemically-modified [ above-mentioned ] degree.

A modulation-code chemically-modified [ which performs predetermined modulation-code-ization to data rearranged at a stirring process of the above 1st ] degree.

The 2nd stirring process that stirs and rearranges an order of data that coding was made to a modulation-code chemically-modified [ above-mentioned ] degree.

[Claim 12]The data recording method according to claim 11 provided with a PURIKODO process of giving filtering which compensates a channel characteristic to data rearranged at a stirring process of the above 2nd.

[Claim 13]The data recording method according to claim 11 stirring data in which coding was made to an error correcting code chemically-modified [ above-mentioned ] degree by bitwise in a stirring process of the above 1st.

[Claim 14]The data recording method according to claim 11 coding in a modulation-code chemically-modified [ above-mentioned ] degree according to constraints to data rearranged at a stirring process of the above 1st.

[Claim 15]The data recording method according to claim 14 stirring data in which coding was made to a modulation-code chemically-modified [ above-mentioned ] degree in a stirring process of the above 2nd so that the above-mentioned constraints may be fulfilled.

[Claim 16]The data recording method according to claim 14 performing coding by block abnormal conditions in a modulation-code chemically-modified [ above-mentioned ] degree to data rearranged at a stirring process of the above 1st.

[Claim 17]The data recording method according to claim 16 stirring data in which coding by block abnormal conditions was made to a modulation-code chemically-modified [ above-mentioned ] degree by a modulation-code block unit in a stirring process of the above 2nd.

[Claim 18]The data recording method according to claim 14 coding in a modulation-code chemically-modified [ above-mentioned ] degree according to a trellis corresponding to the above-mentioned constraints to data rearranged at a stirring process of the above 1st.

[Claim 19]The data recording method according to claim 18 stirring data in which coding was made to a modulation-code chemically-modified [ above-mentioned ] degree by a modulation-code block unit of the above-mentioned trellis in a stirring process of the above 2nd.

[Claim 20]The data recording method according to claim 11 using what data recorded on by magnetism light or magneto optic recording as the above-mentioned recording medium.

[Claim 21]An error correcting code-ized means characterized by comprising the following to perform error correcting code-ization to inputted dataThe 1st stirring means that stirs and rearranges an order of data supplied from the above-

mentioned error correcting code-ized meansA modulation-code-ized means to perform predetermined modulation-code-ization to data supplied from the 1st stirring means of the aboveA data reproduction apparatus which reproduces data recorded by recording device which is provided with the 2nd stirring means that stirs and rearranges an order of data supplied from the above-mentioned modulation-code-ized meansand records data to a recording medium.

The 1st reverse stirring means that stirs and rearranges an order of inputted data so that a bit array of data rearranged by the 2nd stirring means of the above may be returned to a bit array of data by which coding was made by the above-mentioned modulation-code-ized means.

An abnormal-conditions decoding means which carries out abnormal-conditions decoding of the data supplied from a reverse stirring means of the above 1st.

The 3rd stirring means that stirs and rearranges an order of data given based on the same stirring position information as the 2nd stirring means of the above with a difference value of data outputted from the above-mentioned abnormal-conditions decoding meansand data outputted from a reverse stirring means of the above 1st.

So that a bit array of data rearranged by the 1st stirring means of the above may be returned to a bit array of data by which coding was made by the above-mentioned error correcting code-ized meansThe 2nd reverse stirring means that stirs and rearranges an order of inputted dataand an error correction decoding means which decodes an error correcting code to data supplied from a reverse stirring means of the above 2ndThe 4th stirring means that stirs and rearranges an order of data given based on the same stirring position information as the 1st stirring means of the above with a difference value of data outputted from the above-mentioned error correction decoding meansand data outputted from a reverse stirring means of the above 2nd.

[Claim 22]The data reproduction apparatus according to claim 21wherein the above-mentioned recording device is provided with a PURIKODO means to give filtering which compensates a channel characteristic to data supplied from the 2nd stirring means of the above and is provided with a channel decoding means which performs decoding to a channel response.

[Claim 23]The data reproduction apparatus according to claim 22wherein the above-mentioned channel decoding means inputs a signal of \*\*\*\*\* and performs soft-output decoding.

[Claim 24]The data reproduction apparatus according to claim 22wherein the above-mentioned channel decoding means inputs a signal of \*\*\*\*\* and performs soft-output decoding based on a trellis corresponding to a channel response.

[Claim 25]A reverse stirring means of the above 1st stirs and rearranges an order of data given with a difference value of data by which decoding was made by the above-mentioned channel decoding meansand data rearranged by the 3rd stirring means of the aboveA reverse stirring means of the above 2nd stirs and rearranges an order of data given with a difference value of data by which decoding was made

by the above-mentioned abnormal-conditions decoding means and data rearranged by the 4th stirring means of the above. The data reproduction apparatus according to claim 23 decodes repeatedly between the above-mentioned error correction decoding means, the above-mentioned abnormal-conditions decoding means and the above-mentioned channel decoding means.

[Claim 26] The data reproduction apparatus according to claim 21 wherein the above-mentioned abnormal-conditions decoding means outputs a signal of soft output while inputting a signal of \*\*\*\*\*.

[Claim 27] The data reproduction apparatus according to claim 21 wherein the above-mentioned modulation-code-ized means codes according to constraints to data supplied from the 1st stirring means of the above and the above-mentioned abnormal-conditions decoding means performs decoding corresponding to the above-mentioned constraints.

[Claim 28] The data reproduction apparatus according to claim 27 wherein the 2nd stirring means of the above is what stirs data by which coding was made by the above-mentioned modulation-code-ized means so that the above-mentioned constraints may be fulfilled.

[Claim 29] The data reproduction apparatus according to claim 27 wherein the above-mentioned modulation-code-ized means is what performs coding by block abnormal conditions to data supplied from the 1st stirring means of the above.

[Claim 30] The above-mentioned abnormal-conditions decoding means is established to each output-codes word outputted from the above-mentioned modulation-code-ized means. Have a likelihood calculating means which computes a likelihood value of each above-mentioned output-codes word and a likelihood value computed by the above-mentioned likelihood calculating means is used. The data reproduction apparatus according to claim 29 searching for posterior probability information which is a soft value over an outputted bit outputted from an input bit and the above-mentioned modulation-code-ized means which were inputted into the above-mentioned modulation-code-ized means.

[Claim 31] The data reproduction apparatus according to claim 29 wherein the above-mentioned abnormal-conditions decoding means decodes based on a trellis corresponding to the above-mentioned constraints.

[Claim 32] The 2nd stirring means of the above stirs data by which coding by block abnormal conditions was made by the above-mentioned modulation-code-ized means by a modulation-code block unit and it a reverse stirring means of the above 1st. By the above-mentioned modulation-code block unit stir inputted data and the 3rd stirring means of the above. The data reproduction apparatus according to claim 29 stirring data given with a difference value of data outputted from the above-mentioned abnormal-conditions decoding means and data outputted from a reverse stirring means of the above 1st by the above-mentioned modulation-code block unit.

[Claim 33] The above-mentioned modulation-code-ized means codes according to a trellis corresponding to the above-mentioned constraints to data supplied from the 1st stirring means of the above and the above-mentioned abnormal-conditions



decoding meansThe data reproduction apparatus according to claim 27 decoding based on a trellis corresponding to the above-mentioned constraints.

[Claim 34]The 2nd stirring means of the above stirs data by which coding was made by the above-mentioned modulation-code-ized means by a modulation-code block unit of the above-mentioned trellisand it a reverse stirring means of the above 1stBy a modulation-code block unit of the above-mentioned trellisstir inputted data and the 3rd stirring means of the aboveThe data reproduction apparatus according to claim 33 stirring data given with a difference value of data outputted from the above-mentioned abnormal-conditions decoding meansand data outputted from a reverse stirring means of the above 1st by a modulation-code block unit of the above-mentioned trellis.

[Claim 35]The data reproduction apparatus according to claim 26wherein the above-mentioned abnormal-conditions decoding means performs soft-output decoding based on a BCJR algorithm or a SOVA algorithm.

[Claim 36]The data reproduction apparatus according to claim 21 the above-mentioned error correction decoding means' inputting a signal of \*\*\*\*\*and performing \*\*\*\*\* of an error correcting code to an inputted signal of \*\*\*\*\*.

[Claim 37]The 1st stirring means of the above stirs data by which coding was made by the above-mentioned error correcting code-ized means by bitwiseand it a reverse stirring means of the above 2ndThe data reproduction apparatus according to claim 21 stirring inputted data by the above-mentioned bitwiseand stirring the 4th stirring means of the above by the data above-mentioned bitwise given with a difference value of data outputted from the above-mentioned error correction decoding meansand data outputted from a reverse stirring means of the above 2nd.

[Claim 38]The data reproduction apparatus according to claim 21wherein the above-mentioned recording medium is what data is recorded on by magnetismlightor magneto optic recording.

[Claim 39]An error correcting code chemically-modified [ characterized by comprising the following / which performs error correcting code-ization to inputted data ] degreeThe 1st stirring process that stirs and rearranges an order of data that coding was made to an error correcting code chemically-modified [ above-mentioned ] degreeA modulation-code chemically-modified [ which performs predetermined modulation-code-ization to data rearranged at a stirring process of the above 1st ] degreeA data reproduction method which reproduces data recorded by a record method which is provided with the 2nd stirring process that stirs and rearranges an order of data that coding was made to a modulation-code chemically-modified [ above-mentioned ] degreeand records data to a recording medium.

The 1st reverse stirring process that stirs and rearranges an order of inputted data so that a bit array of data rearranged at a stirring process of the above 2nd may be returned to a bit array of data in which coding was made to a modulation-code chemically-modified [ above-mentioned ] degree.

An abnormal-conditions decoding process of carrying out abnormal-conditions

decoding of the data rearranged at a reverse stirring process of the above 1st. The 3rd stirring process that stirs and rearranges an order of data given based on the same stirring position information as a stirring process of the above 2nd with a difference value of data in which decoding was made at the above-mentioned abnormal-conditions decoding process and data rearranged at a reverse stirring process of the above 1st.

So that a bit array of data rearranged at a stirring process of the above 1st may be returned to a bit array of data in which coding was made to an error correcting code chemically-modified [ above-mentioned ] degree. The 2nd reverse stirring process that stirs and rearranges an order of inputted data and an error correction decoding process of decoding an error correcting code to data rearranged at a reverse stirring process of the above 2nd. The 4th stirring process that stirs and rearranges an order of data given based on the same stirring position information as a stirring process of the above 1st with a difference value of data in which decoding was made at the above-mentioned error correction decoding process and data rearranged at a reverse stirring process of the above 2nd.

[Claim 40] The data reproduction method according to claim 39 wherein the above-mentioned record method is provided with a PURIKODO process of giving filtering which compensates a channel characteristic to data rearranged at a stirring process of the above 2nd and is provided with a channel decoding process of performing decoding to a channel response.

[Claim 41] The data reproduction method according to claim 40 inputting a signal of \*\*\*\*\* and performing soft-output decoding in the above-mentioned channel decoding process.

[Claim 42] The data reproduction method according to claim 40 inputting a signal of \*\*\*\*\* and performing soft-output decoding in the above-mentioned channel decoding process based on a trellis corresponding to a channel response.

[Claim 43] An order of data given in a reverse stirring process of the above 1st with a difference value of data in which decoding was made at the above-mentioned channel decoding process and data rearranged at a stirring process of the above 3rd is stirred and rearranged. An order of data given in a reverse stirring process of the above 2nd with a difference value of data in which decoding was made at the above-mentioned abnormal-conditions decoding process and data rearranged at a stirring process of the above 4th is stirred and rearranged. The data reproduction method according to claim 41 decoding repeatedly between the above-mentioned error correction decoding process, the above-mentioned abnormal-conditions decoding process and the above-mentioned channel decoding process.

[Claim 44] The data reproduction method according to claim 39 characterized by outputting a signal of soft output in the above-mentioned abnormal-conditions decoding process while inputting a signal of \*\*\*\*\*.

[Claim 45] The data reproduction method according to claim 39 which is coding in the modulation-code chemically-modified [ above-mentioned ] degree according

to constraints to data rearranged at a stirring process of the above 1st is characterized by performing decoding corresponding to the above-mentioned constraints in the above-mentioned abnormal-conditions decoding process.

[Claim 46]The data reproduction method according to claim 45 having stirred data in which coding was made to a modulation-code chemically-modified [ above-mentioned ] degree in a stirring process of the above 2nd so that the above-mentioned constraints may be fulfilled.

[Claim 47]The data reproduction method according to claim 45 currently performing coding by block abnormal conditions in the modulation-code chemically-modified [ above-mentioned ] degree to data rearranged at a stirring process of the above 1st.

[Claim 48]Have the above-mentioned abnormal-conditions decoding process and a likelihood calculating process which computes a likelihood value of each output-codes word generated and outputted to a modulation-code chemically-modified [ above-mentioned ] degree in the above-mentioned abnormal-conditions decoding process. The data reproduction method according to claim 47 searching for posterior probability information which is a soft value over an outputted bit generated and outputted to an input bit inputted to a modulation-code chemically-modified [ above-mentioned ] degree and modulation-code chemically-modified [ above-mentioned ] degree using a likelihood value computed in the above-mentioned likelihood calculating process.

[Claim 49]The data reproduction method according to claim 47 characterized by decoding based on a trellis corresponding to the above-mentioned constraints in the above-mentioned abnormal-conditions decoding process.

[Claim 50]By a modulation-code block unit in a stirring process of the above 2nd have stirred data in which coding by block abnormal conditions was made to a modulation-code chemically-modified [ above-mentioned ] degree and in a reverse stirring process of the above 1st. By the above-mentioned modulation-code block unit stir inputted data and in a stirring process of the above 3rd. The data reproduction method according to claim 47 stirring data given with a difference value of data in which decoding was made at the above-mentioned abnormal-conditions decoding process and data rearranged at a reverse stirring process of the above 1st by the above-mentioned modulation-code block unit.

[Claim 51]In the modulation-code chemically-modified [ above-mentioned ] degree are coding according to a trellis corresponding to the above-mentioned constraints to data rearranged at a stirring process of the above 1st and in the above-mentioned abnormal-conditions decoding process. The data reproduction method according to claim 45 decoding based on a trellis corresponding to the above-mentioned constraints.

[Claim 52]By a modulation-code block unit of the above-mentioned trellis in a stirring process of the above 2nd have stirred data in which coding was made to a modulation-code chemically-modified [ above-mentioned ] degree and in a reverse stirring process of the above 1st. By a modulation-code block unit of the above-mentioned trellis stir inputted data and in a stirring process of the above 3rd. The

data reproduction method according to claim 51 stirring data given with a difference value of data in which decoding was made at the above-mentioned abnormal-conditions decoding process and data rearranged at a reverse stirring process of the above 1st by a modulation-code block unit of the above-mentioned trellis.

[Claim 53]The data reproduction method according to claim 44 characterized by performing soft-output decoding based on a BCJR algorithm or a SOVA algorithm in the above-mentioned abnormal-conditions decoding process.

[Claim 54]The data reproduction method according to claim 39 inputting a signal of \*\*\*\*\* and performing \*\*\*\*\* of an error correcting code to an inputted signal of \*\*\*\*\* in the above-mentioned error correction decoding process.

[Claim 55]By bitwise in a stirring process of the above 1st have stirred data in which coding was made to an error correcting code chemically-modified [ above-mentioned ] degree and in a reverse stirring process of the above 2nd. By the above-mentioned bitwise stir inputted data and in a stirring process of the above 4th. The data reproduction method according to claim 39 stirring by the data above-mentioned bitwise given with a difference value of data in which decoding was made at the above-mentioned error correction decoding process and data rearranged at a reverse stirring process of the above 2nd.

[Claim 56]The data reproduction method according to claim 39 using what data recorded on by magnetism light or magneto optic recording as the above-mentioned recording medium.

[Claim 57]Data recording playback equipment comprising:

An error correcting code-ized means to perform error correcting code-ization to inputted data as a recording system which is data recording playback equipment which performs record and reproduction of data to a recording medium and records data to the above-mentioned recording medium.

The 1st stirring means that stirs and rearranges an order of data supplied from the above-mentioned error correcting code-ized means.

A modulation-code-ized means to perform predetermined modulation-code-ization to data supplied from the 1st stirring means of the above.

As a reversion system which reproduces data which is provided with the 2nd stirring means that stirs and rearranges an order of data supplied from the above-mentioned modulation-code-ized means and is recorded on the above-mentioned recording medium So that a bit array of data rearranged by the 2nd stirring means of the above may be returned to a bit array of data by which coding was made by the above-mentioned modulation-code-ized means The 1st reverse stirring means that stirs and rearranges an order of inputted data and an abnormal-conditions decoding means which carries out abnormal-conditions decoding of the data supplied from a reverse stirring means of the above 1st The 3rd stirring means that stirs and rearranges an order of data given based on the same stirring position information as the 2nd stirring means of the above with a difference value of data outputted from the above-mentioned abnormal-conditions decoding means and data outputted from a reverse stirring means of the above 1st So that a bit array

of data rearranged by the 1st stirring means of the above may be returned to a bit array of data by which coding was made by the above-mentioned error correcting code-ized meansBased on the same stirring position information as the 2nd reverse stirring means that stirs and rearranges an order of inputted dataan error correction decoding means which decodes an error correcting code to data supplied from a reverse stirring means of the above 2ndand the 1st stirring means of the aboveThe 4th stirring means that stirs and rearranges an order of data given with a difference value of data outputted from the above-mentioned error correction decoding meansand data outputted from a reverse stirring means of the above 2nd.

[Claim 58]The data recording playback equipment according to claim 57wherein the above-mentioned recording system is provided with a PURIKODO means to give filtering which compensates a channel characteristic to data supplied from the 2nd stirring means of the above and the above-mentioned reversion system is provided with a channel decoding means which performs decoding to a channel response.

[Claim 59]The data recording playback equipment according to claim 58wherein the above-mentioned channel decoding means inputs a signal of \*\*\*\*\* and performs soft-output decoding.

[Claim 60]The data recording playback equipment according to claim 58wherein the above-mentioned channel decoding means inputs a signal of \*\*\*\*\* and performs soft-output decoding based on a trellis corresponding to a channel response.

[Claim 61]A reverse stirring means of the above 1st stirs and rearranges an order of data given with a difference value of data by which decoding was made by the above-mentioned channel decoding meansand data rearranged by the 3rd stirring means of the aboveA reverse stirring means of the above 2nd stirs and rearranges an order of data given with a difference value of data by which decoding was made by the above-mentioned abnormal-conditions decoding meansand data rearranged by the 4th stirring means of the aboveThe data recording playback equipment according to claim 59 decoding repeatedly between the above-mentioned error correction decoding meansthe above-mentioned abnormal-conditions decoding meansand the above-mentioned channel decoding means.

[Claim 62]The data recording playback equipment according to claim 57wherein the above-mentioned abnormal-conditions decoding means outputs a signal of soft output while inputting a signal of \*\*\*\*\*.

[Claim 63]The data recording playback equipment according to claim 57wherein the above-mentioned modulation-code-ized means codes according to constraints to data supplied from the 1st stirring means of the above and the above-mentioned abnormal-conditions decoding means performs decoding corresponding to the above-mentioned constraints.

[Claim 64]The data recording playback equipment according to claim 63wherein the 2nd stirring means of the above stirs data by which coding was made by the

above-mentioned modulation-code-ized means so that the above-mentioned constraints may be fulfilled.

[Claim 65]The data recording playback equipment according to claim 63wherein the above-mentioned modulation-code-ized means performs coding by block abnormal conditions to data supplied from the 1st stirring means of the above.

[Claim 66]The above-mentioned abnormal-conditions decoding means is established to each output-codes word outputted from the above-mentioned modulation-code-ized meansHave a likelihood calculating means which computes a likelihood value of each above-mentioned output-codes wordand a likelihood value computed by the above-mentioned likelihood calculating means is usedThe data recording playback equipment according to claim 65 searching for posterior probability information which is a soft value over an outputted bit outputted from an input bit and the above-mentioned modulation-code-ized means which were inputted into the above-mentioned modulation-code-ized means.

[Claim 67]The data recording playback equipment according to claim 65wherein the above-mentioned abnormal-conditions decoding means decodes based on a trellis corresponding to the above-mentioned constraints.

[Claim 68]By a modulation-code block unitthe 2nd stirring means of the above stirs data by which coding by block abnormal conditions was made by the above-mentioned modulation-code-ized meansand a reverse stirring means of the above 1stBy the above-mentioned modulation-code block unitstir inputted data and the 3rd stirring means of the aboveThe data recording playback equipment according to claim 65 stirring data given with a difference value of data outputted from the above-mentioned abnormal-conditions decoding meansand data outputted from a reverse stirring means of the above 1st by the above-mentioned modulation-code block unit.

[Claim 69]The data recording playback equipment according to claim 63wherein the above-mentioned modulation-code-ized means codes according to a trellis corresponding to the above-mentioned constraints to data supplied from the 1st stirring means of the above and the above-mentioned abnormal-conditions decoding means decodes based on a trellis corresponding to the above-mentioned constraints.

[Claim 70]By a modulation-code block unit of the above-mentioned trellisthe 2nd stirring means of the above stirs data by which coding was made by the above-mentioned modulation-code-ized meansand a reverse stirring means of the above 1stBy a modulation-code block unit of the above-mentioned trellisstir inputted data and the 3rd stirring means of the aboveThe data recording playback equipment according to claim 69 stirring data given with a difference value of data outputted from the above-mentioned abnormal-conditions decoding meansand data outputted from a reverse stirring means of the above 1st by a modulation-code block unit of the above-mentioned trellis.

[Claim 71]The data recording playback equipment according to claim 62wherein the above-mentioned abnormal-conditions decoding means performs soft-output decoding based on a BCJR algorithm or a SOVA algorithm.

[Claim 72]The data recording playback equipment according to claim 57 the above-mentioned error correction decoding means' inputting a signal of \*\*\*\*\*and performing \*\*\*\*\* of an error correcting code to an inputted signal of \*\*\*\*\*.

[Claim 73]By bitwisethe 1st stirring means of the above stirs data by which coding was made by the above-mentioned error correcting code-ized meansand a reverse stirring means of the above 2ndThe data recording playback equipment according to claim 57 stirring inputted data by the above-mentioned bitwiseand stirring the 4th stirring means of the above by the data above-mentioned bitwise given with a difference value of data outputted from the above-mentioned error correction decoding meansand data outputted from a reverse stirring means of the above 2nd.

[Claim 74]The data recording playback equipment according to claim 57wherein the above-mentioned recording medium is what data is recorded on by magnetismlightor magneto optic recording.

[Claim 75]A data recording regeneration method comprising:

An error correcting code chemically-modified [ which performs error correcting code-ization to inputted data as a recording system which is a data recording regeneration method which performs record and reproduction of data to a recording mediumand records data to the above-mentioned recording medium ] degree.

The 1st stirring process that stirs and rearranges an order of data that coding was made to an error correcting code chemically-modified [ above-mentioned ] degree. A modulation-code chemically-modified [ which performs predetermined modulation-code-ization to data rearranged at a stirring process of the above 1st ] degree.

As a reversion system which reproduces data which is provided with the 2nd stirring process that stirs and rearranges an order of data that coding was made to a modulation-code chemically-modified [ above-mentioned ] degreeand is recorded on the above-mentioned recording mediumSo that a bit array of data rearranged at a stirring process of the above 2nd may be returned to a bit array of data in which coding was made to a modulation-code chemically-modified [ above-mentioned ] degreeThe 1st reverse stirring process that stirs and rearranges an order of inputted dataand an abnormal-conditions decoding process of carrying out abnormal-conditions decoding of the data rearranged at a reverse stirring process of the above 1stThe 3rd stirring process that stirs and rearranges an order of data given based on the same stirring position information as a stirring process of the above 2nd with a difference value of data in which decoding was made at the above-mentioned abnormal-conditions decoding processand data rearranged at a reverse stirring process of the above 1stSo that a bit array of data rearranged at a stirring process of the above 1st may be returned to a bit array of data in which coding was made to an error correcting code chemically-modified [ above-mentioned ] degreeBased on the same stirring position information as the 2nd reverse stirring process that stirs and rearranges an order of inputted dataan error correction decoding process of decoding an error

correcting code to data rearranged at a reverse stirring process of the above 2nd and a stirring process of the above 1st. The 4th stirring process that stirs and rearranges an order of data given with a difference value of data in which the more nearly above-mentioned \*\*\*\*\* was and decoding was made and data rearranged at a reverse stirring process of the above 2nd.

[Claim 76] The data recording regeneration method according to claim 75 wherein the above-mentioned recording system is provided with a PURIKODO process of giving filtering which compensates a channel characteristic to data rearranged at a stirring process of the above 2nd and the above-mentioned reversion system is provided with a channel decoding process of performing decoding to a channel response.

[Claim 77] The data recording regeneration method according to claim 76 inputting a signal of \*\*\*\*\* and performing soft-output decoding in the above-mentioned channel decoding process.

[Claim 78] The data recording regeneration method according to claim 76 inputting a signal of \*\*\*\*\* and performing soft-output decoding in the above-mentioned channel decoding process based on a trellis corresponding to a channel response.

[Claim 79] An order of data given in a reverse stirring process of the above 1st with a difference value of data in which decoding was made at the above-mentioned channel decoding process and data rearranged at a stirring process of the above 3rd is stirred and rearranged. An order of data given in a reverse stirring process of the above 2nd with a difference value of data in which decoding was made at the above-mentioned abnormal-conditions decoding process and data rearranged at a stirring process of the above 4th is stirred and rearranged. The data recording regeneration method according to claim 77 decoding repeatedly between the above-mentioned error correction decoding process, the above-mentioned abnormal-conditions decoding process and the above-mentioned channel decoding process.

[Claim 80] The data recording regeneration method according to claim 75 characterized by outputting a signal of soft output in the above-mentioned abnormal-conditions decoding process while inputting a signal of \*\*\*\*\*.

[Claim 81] The data recording regeneration method according to claim 75 which codes in a modulation-code chemically-modified [ above-mentioned ] degree according to constraints to data rearranged at a stirring process of the above 1st and is characterized by performing decoding corresponding to the above-mentioned constraints in the above-mentioned abnormal-conditions decoding process.

[Claim 82] The data recording regeneration method according to claim 81 stirring data in which coding was made to a modulation-code chemically-modified [ above-mentioned ] degree in a stirring process of the above 2nd so that the above-mentioned constraints may be fulfilled.

[Claim 83] The data recording regeneration method according to claim 81 performing coding by block abnormal conditions in a modulation-code chemically-



modified [ above-mentioned ] degree to data rearranged at a stirring process of the above 1st.

[Claim 84]Have the above-mentioned abnormal-conditions decoding processand a likelihood calculating process which computes a likelihood value of each output-codes word generated and outputted to a modulation-code chemically-modified [ above-mentioned ] degree in the above-mentioned abnormal-conditions decoding process. The data recording regeneration method according to claim 83 searching for posterior probability information which is a soft value over an outputted bit generated and outputted to an input bit inputted to a modulation-code chemically-modified [ above-mentioned ] degreeand modulation-code chemically-modified [ above-mentioned ] degree using a likelihood value computed in the above-mentioned likelihood calculating process.

[Claim 85]The data recording regeneration method according to claim 83 characterized by decoding based on a trellis corresponding to the above-mentioned constraints in the above-mentioned abnormal-conditions decoding process.

[Claim 86]By a modulation-code block unitin a stirring process of the above 2ndstir data in which coding by block abnormal conditions was made to a modulation-code chemically-modified [ above-mentioned ] degreeand in a reverse stirring process of the above 1st. By the above-mentioned modulation-code block unitstir inputted data and in a stirring process of the above 3rd. The data recording regeneration method according to claim 83 stirring data given with a difference value of data in which decoding was made at the above-mentioned abnormal-conditions decoding processand data rearranged at a reverse stirring process of the above 1st by the above-mentioned modulation-code block unit.

[Claim 87]In a modulation-code chemically-modified [ above-mentioned ] degreecode according to a trellis corresponding to the above-mentioned constraints to data rearranged at a stirring process of the above 1stand in the above-mentioned abnormal-conditions decoding process. The data recording regeneration method according to claim 81 decoding based on a trellis corresponding to the above-mentioned constraints.

[Claim 88]By a modulation-code block unit of the above-mentioned trellisin a stirring process of the above 2ndstir data in which coding was made to a modulation-code chemically-modified [ above-mentioned ] degreeand in a reverse stirring process of the above 1st. By a modulation-code block unit of the above-mentioned trellisstir inputted data and in a stirring process of the above 3rd. The data recording regeneration method according to claim 87 stirring data given with a difference value of data in which decoding was made at the above-mentioned abnormal-conditions decoding processand data rearranged at a reverse stirring process of the above 1st by a modulation-code block unit of the above-mentioned trellis.

[Claim 89]The data recording regeneration method according to claim 80 characterized by performing soft-output decoding based on a BCJR algorithm or a SOVA algorithm in the above-mentioned abnormal-conditions decoding process.

[Claim 90]The data recording regeneration method according to claim 75 inputting a signal of \*\*\*\*\* and performing \*\*\*\*\* of an error correcting code to an inputted signal of \*\*\*\*\* in the above-mentioned error correction decoding process.

[Claim 91]By bitwisein a stirring process of the above 1ststir data in which coding was made to an error correcting code chemically-modified [ above-mentioned ] degreeand in a reverse stirring process of the above 2nd. By the above-mentioned bitwisestir inputted data and in a stirring process of the above 4th. The data recording regeneration method according to claim 75 stirring by the data above-mentioned bitwise given with a difference value of data in which decoding was made at the above-mentioned error correction decoding processand data rearranged at a reverse stirring process of the above 2nd.

[Claim 92]The data recording regeneration method according to claim 75 using what data recorded on by magnetismlightor magneto optic recording as the above-mentioned recording medium.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]A data recorder and a data recording method with which this invention records data to a recording mediumIt is related with the data recording playback equipment and the data recording regeneration method which perform the record and reproduction of data to the data reproduction apparatus which reproduces the data currently recorded on the recording mediaa data reproduction methodand a recording medium.

[0002]

[Description of the Prior Art]Digital data as a recording medium to record For examplea hard disk and what is called DVCR (Digital Video Cassette Recorder)The various recording media by magnetismsuch as what is called CD (Compact Disc) and DVD (Digital Versatile Disk)and what is called MO (Magneto Optical)lightand magneto optic recording are known widely.

[0003]In order to record a signal to these recording mediaFor exampleas it said that a magnetizing direction was controlled by a writing head to the recording medium by a magnetic recording systemor the pit of the length according to a signal was formed by La Stampa to the recording medium by an optical recording methodit is necessary to perform physical processing to a recording medium. In that caseby the record side which records a signal to a recording mediumpredetermined modulation-code-ization is beforehand performed to a signal and the method which records a signal to a recording medium is usually used so that the amplitude control and clock reproduction of a read signal by the side of the reproduction which reads the signal recorded on the recording medium may operate normally.

[0004] Generally the modulation-code-ized machine which performs this modulation-code-ization inputs a binary signal without various restrictions and outputs the binary signal to which various restrictions were added. The DC free restrictions which are the restriction which becomes equivalent as restriction to a signal here in the range in which the number of "0" in numerals and "1" is sufficiently long for example. There are restriction etc. whose minimum and maximum of the number of "0" which continue in numerals are restriction used as d pieces and k pieces respectively (dk). (dk) In order to explain the concept of restriction concretely when the example of input and output in the modulation-code-ized machine which outputs the numerals which fill = (dk) (27) restrictions is shown it comes to be shown in drawing 15. That is the modulation-code-ized machine 150 which outputs the numerals which fill = (dk) (27) restrictions will generate and output the output signal of as [ whose maximum the minimum of the number of "0" which performs modulation-code-ization to this input signal and follows it is two pieces and is seven pieces ] if the input signal to which restriction is not added is inputted.

[0005] Thus in changing a series without restriction into a series with restriction the total of an outputted bit increases more than the total of an input bit. Here when the total of K and an outputted bit shall be expressed for the total of an input bit as  $NK/N$  is usually expressed as the coding rate R. This coding rate R serves as an index value showing the efficiency of modulation-code-izing.

When the modulation-code-ized machine which generates the output signal which fills the same restriction is compared the coding rate R shows that as for a high modulation-code-ized machine the coding rate R can code many input bits to an outputted bit more nearly fixed than a low modulation-code-ized machine.

If it puts in another way as for a high modulation-code-ized machine the coding rate R can record many information rather than a low modulation-code-ized machine to the recording medium with which the coding rate R was defined.

[0006] The block encoding system which generates for modulation-code-ization the outputted bit which divided the input bit into the block of predetermined length and was divided into the block of the predetermined length corresponding to each block. There is a variable-length-coding method with which the encoding unit of the outputted bit corresponding to an input bit and this input bit is changed. For example what is called 8/9 numerals and 16/17 numerals which are usually used as modulation-code-izing belong to a block encoding system and what is called (17) an RLL code and an RLL code (27) belong to a variable-length-coding method.

[0007] For example a 2-bit signal is inputted as an input bit and in the case of the block modulation-code-ized method which generates the outputted bit of the triplet which fills = (dk) (02) restrictions the modulation-code-ized machine is stored in the memory etc. which do not illustrate a translation table as shown in the following table 1.

By referring to this translation table it asks for the outputted bit of the triplet corresponding to a 2-bit input bit and outputs one by one.

[0008]

[Table 1]

[0009]The modulation decoder which on the other hand carries out abnormal-conditions decoding of the modulation-code-ized signal is stored in the memory etc. which do not illustrate an inverse transformation table as shown in Table 2 corresponding to the translation table shown in Table 1.

By referring to this inverse transformation table it asks for the 2-bit decoding bit corresponding to the input bit of a triplet and outputs one by one.

[0010]

[Table 2]

[0011]As a modulation decoder there are some which are shown for example in drawing 16. This modulation decoder 160 is provided with ROM (Read Only Memory) 161 at least. The modulation decoder 160 inputs the input address signal D161 and outputs the contents stored in the address in ROM 161 given with this input address signal D161 as the abnormal-conditions decoded signal D162.

Actually when performing inverse transformation from an input bit to a decoding bit according to the inverse transformation table shown in Table 2 the modulation decoder 160 The contents of the decoding bit are stored in the address of ROM 161 corresponding to the input bit in Table 2 and inverse transformation is performed by reading the decoding bit stored in this address.

[0012]As a modulation decoder there are some which are shown for example in drawing 17. This modulation decoder 170 is provided with the combinational circuit 171 at least. The modulation decoder 170 inputs the input signal D171 performs the logical operation to the input signal D171 by the combinational circuit 171 and generates the abnormal-conditions decoded signal D172. Actually when performing inverse transformation from an input bit to a decoding bit according to the inverse transformation table shown in Table 2 the modulation decoder 170 If  $(a_0 a_1 a_2)$  and the 2-bit abnormal-conditions decoded signal D172 are expressed as  $(b_0 b_1)$  the input signal D171 of a triplet and an outputted bit -- it is  $(b_0 b_1)$  -- the combinational circuit 171 corresponding to a logical formula as shown in a following formula (1) generates. In the formula expresses logical sum & expresses a logical product and "!" expresses a logical NOT.

[0013]

[Equation 1]

[0014]When it applies to the magnetic recorder and reproducing device which performs the record and reproduction of data to the recording medium according such a modulation-code-ized machine and a modulation decoder to a magnetic

recording system this magnetic recorder and reproducing device is constituted as shown in drawing 18.

[0015] Namely the magnetic recorder and reproducing device 200 shown in the figure The error correcting code-ized machine 201 which performs error correcting code-ization to the data which inputted data as a recording system for recording on the recording medium 250 The modulation-code-ized machine 202 which performs modulation-code-ization to the inputted data and PURIKODA 203 which gives filtering which compensates a channel characteristic to the inputted data It has the write current driver 204 who changes each bit of the inputted data into a write current value and the writing head 205 for recording data to the recording medium 250. The magnetic recorder and reproducing device 200 as a reversion system for reproducing the data currently recorded on the recording medium 250 The head reads 206 for reading the data currently recorded on the recording medium 250 The equalizer 207 which equalizes the inputted data and the gain control circuit 208 which adjusts the profit of the inputted data The analog-to-digital converter (it is hereafter described as A/D.) 209 which changes analog data into digital data The timing reproduction circuit 210 which reproduces a clock and the gain control control circuit 211 which controls the gain control circuit 208 It has the Viterbi decoder 212 which gives what is called Viterbi decoding to the inputted data the modulation decoder 213 which gives abnormal-conditions decoding to the inputted data and the error correction decoder 214 which performs error correction decoding to the inputted data.

[0016] Such a magnetic recorder and reproducing device 200 performs processing as shown below when recording data to the recording medium 250.

[0017] First if the input data D201 is inputted to this input data D201 the magnetic recorder and reproducing device 200 will perform error correcting code-ization with the error correcting code-ized machine 201 and will generate the error correcting code-ized data D202.

[0018] Next the magnetic recorder and reproducing device 200 performs modulation-code-ization with the modulation-code-ized machine 202 to the error correcting code-ized data D202 supplied from the error correcting code-ized machine 201 and generates the modulation-code-ized data D203 to which restriction was added and which is a series.

[0019] Next the magnetic recorder and reproducing device 200 receives the modulation-code-ized data D203 supplied from the modulation-code-ized machine 202 by PURIKODA 203 Filtering which compensates the channel characteristic from the writing of the data to the recording medium 250 to the output in the equalizer 207 in a reversion system is given and the Puri code signal D204 is generated. For example PURIKODA 203 gives filtering F expressed with a following formula (2) when a channel has the characteristic of  $1-D$ .

[0020]

[Equation 2]

[0021]Next the magnetic recorder and reproducing device 200 with the write current driver 204. To the Puri code signal D204 which is a binary signal supplied from PURIKODA 203 each bit is changed into write current value  $I_s$  and the write current signal D205 is generated so that it may be considered as 0  $\rightarrow -I_s$  and 1  $\rightarrow +I_s$ .

[0022]And the magnetic recorder and reproducing device 200 gives the write-in magnetization signal D206 according to the write current signal D205 supplied from the write current driver 204 to the recording medium 250 by the writing head 205.

[0023]The magnetic recorder and reproducing device 200 can record data to the recording medium 250 by performing such processing.

[0024]On the other hand in reproducing the data currently recorded on the recording medium 250 the magnetic recorder and reproducing device 200 performs processing as shown below.

[0025]First by the head reads 206 the magnetic recorder and reproducing device 200 is read from the recording medium 250 reads the magnetization signal D207 and generates the read-currents signal D208 according to this read-out magnetization signal D207.

[0026]Next the magnetic recorder and reproducing device 200 receives the read-currents signal D208 supplied from the head reads 206 with the equalizer 207. Equalization is performed so that the channel response from the writing of the data to the recording medium 250 in a recording system to the output in the equalizer 207 concerned may become the predetermined characteristic for example 1-D and the equalization signal D209 is generated.

[0027]Next the magnetic recorder and reproducing device 200 adjusts the profit of the equalization signal D209 supplied by the gain control circuit 208 from the equalizer 207 based on the gain control control signal D213 supplied from the gain control control circuit 211 and generates the gain control signal D210. The gain control control signal D213 is generated by the gain control control circuit 211 based on the digital channel signal D211 mentioned later.

It is a control signal for maintaining at the value from which the amplitude of the equalization signal D209 is expected.

[0028]Next by A/D209 the magnetic recorder and reproducing device 200 digitizes the gain control signal D210 supplied from the gain control circuit 208 and generates the digital channel signal D211. At this time A/D209 samples based on the clock signal D212 which is generated by the timing reproduction circuit 210 and supplied. This timing reproduction circuit 210 inputs the digital channel signal D211 and supplies the clock signal D212 acquired by reproducing a clock to A/D209.

[0029]Next the magnetic recorder and reproducing device 200 inputs into the Viterbi decoder 212 the digital channel signal D211 supplied from A/D209 and with this Viterbi decoder 212. Viterbi decoding is performed to channel response  $R_{ch}$  expressed with the channel response from the preceding paragraph of PURIKODA 203 in a recording system to the output in the equalizer 207 in a reversion

system for example a following formula (3) and the Viterbi decoded signal D214 is generated.

[0030]

[Equation 3]

[0031] Next the magnetic recorder and reproducing device 200 gives abnormal-conditions decoding with the modulation decoder 213 to the Viterbi decoded signal D214 supplied from the Viterbi decoder 212. Matching of data with the reverse modulation-code-ized machine 202 in a recording system is aimed at and the abnormal-conditions decoded signal D215 which is input data sequences of the origin which does not have restriction is generated from the series of fixed length with restriction.

[0032] And with the error correction decoder 214 the magnetic recorder and reproducing device 200 decodes an error correcting code to the abnormal-conditions decoded signal D215 supplied from the modulation decoder 213 and generates the output data D216.

[0033] The magnetic recorder and reproducing device 200 can reproduce the data currently recorded on the recording medium 250 by performing such processing.

[0034]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way in the conventional magnetic recorder and reproducing device 200 mentioned above it has only the function to perform matching between binary signals with the modulation decoder 213 contrary to modulation-code-izing with the modulation-code-ized machine 202 in a reversion system. Since the input and output over the modulation decoder 213 needed to be a binary signal all signals [ in / from the Viterbi decoder 212 / the latter part ] were binary signals.

[0035] When putting in another way while generating the binary signal in the preceding paragraph of the modulation decoder 213 in the magnetic recorder and reproducing device 200 the binary signal needed to be processed also in the latter part of the modulation decoder 213.

[0036] Therefore in the magnetic recorder and reproducing device 200 the amount of information contained in a signal will be reduced intentionally and efficient decoding processing was not completed but it had become the cause of degrading a decoding error rate as a result from the necessity of using the binary signal of a binary.

[0037] This invention is made in view of such the actual condition and is a thing. A data recorder and a data recording method which can perform the purpose and can make efficient decoding processing able to perform to a reversion system and to which a decoding error rate can be reduced substantially. It is providing the data recording playback equipment and the data recording regeneration method which can perform efficient decoding processing can realize the data reproduction apparatus which can fall a decoding error rate a data reproduction method highly efficient coding and efficient decoding processing and can fall a decoding error rate.

[0038]

[Means for Solving the Problem]As for a data recorder concerning this invention which attains the purpose mentioned above this invention is characterized by that a data recorder which records data to a recording medium comprises the following. An error correcting code-ized means to perform error correcting code-ization to inputted data.

The 1st stirring means that stirs and rearranges an order of data supplied from this error correcting code-ized means.

A modulation-code-ized means to perform predetermined modulation-code-ization to data supplied from this 1st stirring means.

The 2nd stirring means that stirs and rearranges an order of data supplied from this modulation-code-ized means.

[0039]A data recorder concerning such this invention stirs and rearranges an order of data supplied from an error correcting code-ized means by the 1st stirring means and stirs and rearranges an order of data supplied from a modulation-code-ized means by the 2nd stirring means.

[0040]A data recording method concerning this invention which attains the purpose which mentioned this invention above is characterized by that a data recording method which records data to a recording medium comprises:

An error correcting code chemically-modified [ which performs error correcting code-ization to inputted data ] degree.

The 1st stirring process that stirs and rearranges an order of data that coding was made to an error correcting code chemically-modified [ this ] degree.

A modulation-code chemically-modified [ which performs predetermined modulation-code-ization to data rearranged at this 1st stirring process ] degree.

The 2nd stirring process that stirs and rearranges an order of data that coding was made to a modulation-code chemically-modified [ this ] degree.

[0041]A data recording method concerning such this invention stirs and rearranges an order of data that coding was made to an error correcting code chemically-modified degree at the 1st stirring process and stirs and rearranges an order of data that coding was made to a modulation-code chemically-modified degree in the 2nd stirring process.

[0042]Furthermore a data reproduction apparatus concerning this invention which attains the purpose which mentioned this invention above An error correcting code-ized means to perform error correcting code-ization to inputted data The 1st stirring means that stirs and rearranges an order of data supplied from this error correcting code-ized means A modulation-code-ized means to perform predetermined modulation-code-ization to data supplied from this 1st stirring means It has the 2nd stirring means that stirs and rearranges an order of data supplied from this modulation-code-ized means and a data reproduction apparatus which reproduces data recorded by recording device which records data to a



recording medium is characterized by comprising the following:

The 1st reverse stirring means that stirs and rearranges an order of inputted data so that a bit array of data rearranged by the 2nd stirring means may be returned to a bit array of data by which coding was made by a modulation-code-ized means.

An abnormal-conditions decoding means which carries out abnormal-conditions decoding of the data supplied from this 1st reverse stirring means.

The 3rd stirring means that stirs and rearranges an order of data given based on the same stirring position information as the 2nd stirring means with a difference value of data outputted from an abnormal-conditions decoding means and data outputted from the 1st reverse stirring means.

So that a bit array of data rearranged by the 1st stirring means may be returned to a bit array of data by which coding was made by an error correcting code-ized means The 2nd reverse stirring means that stirs and rearranges an order of inputted data and an error correction decoding means which decodes an error correcting code to data supplied from this 2nd reverse stirring means The 4th stirring means that stirs and rearranges an order of data given based on the same stirring position information as the 1st stirring means with a difference value of data outputted from an error correction decoding means and data outputted from the 2nd reverse stirring means.

[0043] A data reproduction apparatus concerning such this invention Decode data which was stirred by the 1st reverse stirring means and rearranged by an abnormal-conditions decoding means and by the 3rd stirring means. An order of data given with a difference value of data outputted from an abnormal-conditions decoding means and data outputted from the 1st reverse stirring means is stirred and rearranged Data which was stirred by the 2nd reverse stirring means and rearranged is decoded by an error correction decoding means and an order of data given with a difference value of data outputted from an error correction decoding means and data outputted from the 2nd reverse stirring means is stirred and rearranged by the 4th stirring means.

[0044] Further again a data reproduction method concerning this invention which attains the purpose which mentioned this invention above An error correcting code chemically-modified [ which performs error correcting code-ization to inputted data ] degree The 1st stirring process that stirs and rearranges an order of data that coding was made to an error correcting code chemically-modified [ this ] degree A modulation-code chemically-modified [ which performs predetermined modulation-code-ization to data rearranged at this 1st stirring process ] degree It has the 2nd stirring process that stirs and rearranges an order of data that coding was made to a modulation-code chemically-modified [ this ] degree and a data reproduction method which reproduces data recorded by a record method which records data to a recording medium is characterized by comprising the following: The 1st reverse stirring process that stirs and rearranges an order of inputted data so that a bit array of data rearranged at the 2nd stirring process may be returned to a bit array of data in which coding was made to a modulation-code

chemically-modified degree.

An abnormal-conditions decoding process of carrying out abnormal-conditions decoding of the data rearranged at this 1st reverse stirring process.

The 3rd stirring process that stirs and rearranges an order of data given based on the same stirring position information as the 2nd stirring process with a difference value of data in which decoding was made at an abnormal-conditions decoding process and data rearranged at the 1st reverse stirring process.

So that a bit array of data rearranged at the 1st stirring process may be returned to a bit array of data in which coding was made to an error correcting code chemically-modified degree. The 2nd reverse stirring process that stirs and rearranges an order of inputted data and an error correction decoding process of decoding an error correcting code to data rearranged at this 2nd reverse stirring process. The 4th stirring process that stirs and rearranges an order of data given based on the same stirring position information as the 1st stirring process with a difference value of data in which decoding was made at an error correction decoding process and data rearranged at the 2nd reverse stirring process.

[0045] A data reproduction method concerning such this invention. Data which was stirred at the 1st reverse stirring process and rearranged is decoded at an abnormal-conditions decoding process. An order of data given at the 3rd stirring process with a difference value of data in which decoding was made at an abnormal-conditions decoding process and data rearranged at the 1st reverse stirring process is stirred and rearranged. An order of data given with a difference value of data from which data which was stirred at the 2nd reverse stirring process and rearranged was decoded at an error correction decoding process and decoding was made at an error correction decoding process in the 4th stirring process and data rearranged at the 2nd reverse stirring process is stirred and rearranged.

[0046] Data recording playback equipment concerning this invention which attains the purpose mentioned above. As a recording system which is data recording playback equipment which performs record and reproduction of data to a recording medium and records data to a recording medium. An error correcting code-ized means to perform error correcting code-ization to inputted data. The 1st stirring means that stirs and rearranges an order of data supplied from this error correcting code-ized means. A modulation-code-ized means to perform predetermined modulation-code-ization to data supplied from this 1st stirring means. As a reversion system which reproduces data which is provided with the 2nd stirring means that stirs and rearranges an order of data supplied from this modulation-code-ized means and is recorded on a recording medium. So that a bit array of data rearranged by the 2nd stirring means may be returned to a bit array of data by which coding was made by a modulation-code-ized means. The 1st reverse stirring means that stirs and rearranges an order of inputted data and an abnormal-conditions decoding means which carries out abnormal-conditions decoding of the data supplied from this 1st reverse stirring means. The 3rd stirring

means that stirs and rearranges an order of data given based on the same stirring position information as the 2nd stirring means with a difference value of data outputted from an abnormal-conditions decoding means and data outputted from the 1st reverse stirring means. So that a bit array of data rearranged by the 1st stirring means may be returned to a bit array of data by which coding was made by an error correcting code-ized means. The 2nd reverse stirring means that stirs and rearranges an order of inputted data and an error correction decoding means which decodes an error correcting code to data supplied from this 2nd reverse stirring means. It is characterized by having the 4th stirring means that stirs and rearranges an order of data given with a difference value of data outputted from an error correction decoding means and data outputted from the 2nd reverse stirring means based on the same stirring position information as the 1st stirring means.

[0047] Data recording playback equipment concerning such this invention. In recording data to a recording medium, stir by the 1st stirring means, rearrange an order of data supplied from an error correcting code-ized means and by the 2nd stirring means. In reproducing data which stirs and rearranges an order of data supplied from a modulation-code-ized means and is recorded on a recording medium, decode data which was stirred by the 1st reverse stirring means and rearranged by an abnormal-conditions decoding means and by the 3rd stirring means. An order of data given with a difference value of data outputted from an abnormal-conditions decoding means and data outputted from the 1st reverse stirring means is stirred and rearranged. Data which was stirred by the 2nd reverse stirring means and rearranged is decoded by an error correction decoding means and an order of data given with a difference value of data outputted from an error correction decoding means and data outputted from the 2nd reverse stirring means is stirred and rearranged by the 4th stirring means.

[0048] A data recording regeneration method concerning this invention which attains the purpose mentioned above. As a recording system which is a data recording regeneration method which performs record and reproduction of data to a recording medium and records data to a recording medium. An error correcting code chemically-modified [ which performs error correcting code-ization to inputted data ] degree. The 1st stirring process that stirs and rearranges an order of data that coding was made to an error correcting code chemically-modified [ this ] degree. A modulation-code chemically-modified [ which performs predetermined modulation-code-ization to data rearranged at this 1st stirring process ] degree. As a reversion system which reproduces data which is provided with the 2nd stirring process that stirs and rearranges an order of data that coding was made to a modulation-code chemically-modified [ this ] degree and is recorded on a recording medium. So that a bit array of data rearranged at the 2nd stirring process may be returned to a bit array of data in which coding was made to a modulation-code chemically-modified degree. Based on the same stirring position information as the 1st reverse stirring process that stirs and rearranges an order of inputted data, an abnormal-conditions decoding process of carrying out abnormal-conditions decoding of the data rearranged at this 1st reverse stirring

processand the 2nd stirring processThe 3rd stirring process that stirs and rearranges an order of data given with a difference value of data in which decoding was made at an abnormal-conditions decoding processand data rearranged at the 1st reverse stirring processSo that a bit array of data rearranged at the 1st stirring process may be returned to a bit array of data in which coding was made to an error correcting code chemically-modified degreeThe 2nd reverse stirring process that stirs and rearranges an order of inputted dataand an error correction decoding process of decoding an error correcting code to data rearranged at this 2nd reverse stirring processIt is characterized by having the 4th stirring process that stirs and rearranges an order of data given with a difference value of data in which \*\*\*\*\* was and decoding was madeand data rearranged at the 2nd reverse stirring process based on the same stirring position information as the 1st stirring process.

[0049]A data recording regeneration method concerning such this inventionIn recording data to a recording mediumAt the 1st stirring processan order of data that coding was made to an error correcting code chemically-modified degree is stirred and rearrangedIn reproducing data which stirs and rearranges an order of data that coding was made to a modulation-code chemically-modified degreeat the 2nd stirring processand is recorded on a recording mediumData which was stirred at the 1st reverse stirring process and rearranged is decoded at an abnormal-conditions decoding processAn order of data given at the 3rd stirring process with a difference value of data in which decoding was made at an abnormal-conditions decoding processand data rearranged at the 1st reverse stirring process is stirred and rearrangedAn order of data given with a difference value of data from which data which was stirred at the 2nd reverse stirring process and rearranged was decoded at an error correction decoding processand decoding was made at an error correction decoding process in the 4th stirring processand data rearranged at the 2nd reverse stirring process is stirred and rearranged.

[0050]

[Embodiment of the Invention]It explains in detailreferring to drawings for the concrete embodiment which applied this invention hereafter.

[0051]The recording system on which this embodiment records data to the recording medium by magnetic recording systemssuch as a hard disk and what is called DVCR (Digital Video Cassette Recorder)for exampleIt is a magnetic recorder and reproducing device provided with the reversion system which reproduces the data currently recorded on these recording media.

[0052]This magnetic recorder and reproducing device equips each of the latter part of the error correcting code-ized machine which performs error correcting code-ization to the inputted data in a recording systemand the latter part of the modulation-code-ized machine which modulates a signal with an interleaverThe coding what is called by a column concatenated code is performed between an error correcting code-ized machinethe modulation-code-ized machine which modulates a signaland PURIKODA which gives filtering which compensates a channel characteristic to a signal. A magnetic recorder and reproducing device as

a decoder which performs error correction decoding in a reversion system to the decoder to a channel the decoder which carries out abnormal-conditions decoding of the modulation-code-ized signal and the inputted data While inputting the data which is \*\*\*\*\* (soft input) The decoder of the \*\*\*\*\* soft output (below Soft Input Soft Output; describes it as SISO.) mold which outputs the data which is soft output (soft output) is applied and repetition decoding called what is called turbo decoding among these three decoders is performed. Namely the coding and turbo decoding by the column concatenated code known as the encoding method and decoding method which show performance with the magnetic recorder and reproducing device near the Shannon limit given by the so-called channel coding theorem of Shannon It applies to the record reproduction system which performs the record and reproduction of data to a recording medium.

[0053] First the magnetic recorder and reproducing device shown as a 1st embodiment is explained. Here the interleaver applied to the recording system of this magnetic recorder and reproducing device is first explained with reference to drawing 1 thru/or drawing 4.

[0054] The interleaver 10 shown in drawing 1 stirs the data by which coding was made with the error correcting code-ized machine formed in the preceding paragraph of the interleaver 10 concerned by bitwise and rearranges an order of each bit which constitutes data. For example as shown in drawing 2 the interleaver 10 rearranges the inputted input signal by bitwise and generates an output signal.

[0055] The interleaver 10 is held to ROM (Read Only Memory) etc. which do not illustrate the stirring position information of the data determined based on the random number by which it was generated for example and more specifically rearranges the input signal in bitwise based on this stirring position information. For example the interleaver 10 holds each bit which constitutes an input signal one by one it is the timing by which the bit series which consists of an N bit (N is arbitrary natural numbers) was generated and after it performs rearrangement by the bitwise based on stirring position information it outputs it as an output signal to predetermined timing.

[0056] The interleaver 20 shown in drawing 3 stirs the data by which the coding by block abnormal conditions was made with the modulation-code-ized machine formed in the preceding paragraph of the interleaver 20 concerned by a modulation-code block unit i.e. 1 symbol unit and rearranges an order of each bit which constitutes data. For example if an order of each bit which constitutes the data in which modulation-code-ization which generates the outputted bit of a triplet to a 2-bit input bit was made shall be rearranged according to the translation table shown in the following table 3 the interleaver 10 As shown in drawing 4 to the input signal inputted in the triplet unit which is a modulation-code block unit it rearranges per triplet and an output signal is generated.

[0057]

[Table 3]

[0058]The interleaver 20 is held to ROM (Read Only Memory) etc. which do not illustrate the stirring position information of the data determined based on the random number by which it was generatedfor exampleandmore specificallyrearranges the input signal in a modulation-code block unit based on this stirring position information. For exampleit is the timing by which the bit series which the interleaver 10 holds each bit which constitutes an input signal one by oneand consists of an N bit (N is arbitrary natural numbers) was generatedAfter performing rearrangement by the modulation-code block unit based on stirring position informationit outputs as an output signal to predetermined timing.

[0059]Belowthe modulation-code-ized signal which is a SISO type decoder applied to the reversion system of a magnetic recorder and reproducing device and which was mentioned above is explained with reference to drawing 5 and drawing 6 about the decoder which carries out abnormal-conditions decoding. It refuses here that they are what is realized with composition also with same decoder that performs the decoder and error correction decoding to a channel although the decoders 30 and 40 shown in these drawing 5 and drawing 6 are shown as a decoder which carries out abnormal-conditions decoding of the modulation-code-ized signal.

[0060]The decoder 30 shown in drawing 5 decodes the data coded by the block abnormal conditions of coding rate  $R=k/n$  which performs modulation-code-ization of n bit to an input k bit.

[0061]The probability  $P(R_i=0|R)$  that each bit of this input signal  $R$  is "0" when this decoder 30 inputs the input signal  $R$  made into \*\*\*\*\*. Each bit computes the probability  $P(R_i=1|R)$  which is "1"and it eventuallyPosterior probability information (a posteriori probability information) $P$  to the modulation-code block  $M$  expressed with  $M=(M_0M_1...M_{n-1})$  which is a soft value ( $M_i=0|R$ ). And  $P(M_i=1|R)$  or posterior probability information  $P(C_i=0|R)$  and  $P(C_i=1|R)$  which is a soft value over modulation-code input block  $C$  expressed with  $C=(C_0C_1...C_{k-1})$ Or these both sides are computed and outputted.

[0062]As a decodereach posterior probability information mentioned above is not outputted individuallyIt can also output as the opposite numerical value ( $P(M_i=1|R)/P(M_i=0|R)$ )i.e.logand  $\log(P(C_i=1|R)/P(C_i=0|R))$  of a posterior probability information ratio. Generallythis logarithmic value is called a logarithmic likelihood ratio (log likelihood ratio)and shows the likelihood of the modulation-code block  $M$  at the time of inputting the input signal  $R$ and modulation-code input block  $C$  here.

[0063]The input signal  $R$  mentioned above is not inputted as a decoderPrior probability information (apriori probability information) $P(C_i=0)$  and  $P(C_i=1)$  to modulation-code input block  $C$  may be given as an input signal.

[0064]What specifically has each part as shown for example in drawing 6 as such a decoder can be considered. Herein order to generate the outputted bit of a triplet to a 2-bit input bit it explains as what decodes the data coded according to the translation table previously shown in Table 3.

[0065]The decoder 40 shown in the figure is provided with the following.

Six likelihood calculation circuit 41<sub>1</sub> which is the likelihood calculating means which compute the likelihood of each receiving bit (triplet x2=)41<sub>2</sub>41<sub>3</sub>41<sub>4</sub>41<sub>5</sub>41<sub>6</sub>.

Four adding machine 42<sub>1</sub> adding data42<sub>2</sub>42<sub>3</sub>42<sub>4</sub>.

Four log-sum circuit 43<sub>1</sub> which calculates  $\log(e^A + e^B)$  to the two data A and B43<sub>2</sub>43<sub>3</sub>43<sub>4</sub>.

Four adding machine 44<sub>1</sub> adding two data44<sub>2</sub>44<sub>3</sub>and 44<sub>4</sub>Five comparator 45<sub>1</sub>

which takes the ratio of two data45<sub>2</sub>46<sub>1</sub>46<sub>2</sub>and 46<sub>3</sub>Coefficient calculation circuit

47<sub>1</sub> which computes the coefficient to each element in the modulation-code block

M47<sub>2</sub>47<sub>3</sub>and three adding machine 48<sub>1</sub> adding two data48<sub>2</sub>48<sub>3</sub>.

[0066]Likelihood calculation circuit 41<sub>1</sub>41<sub>2</sub>41<sub>3</sub>41<sub>4</sub>41<sub>5</sub>and 41<sub>6</sub> input each

receiving bit in the input signal D41 (**R**)and compute the likelihood of each receiving bit respectively.

[0067]That is likelihood calculation circuit 41<sub>1</sub> inputs the 0th bit that constitutes the input signal D41 of a triplet and computes logarithmic probability value D42<sub>1</sub>

( $\log P(R_0=0|\mathbf{R})$ ) which is an opposite numerical value of the probability that this bit is "0." Likelihood calculation circuit 41<sub>1</sub> supplies generated logarithmic probability value D42<sub>1</sub> to adding machine 42<sub>1</sub> and comparator 46<sub>1</sub>.

[0068]Likelihood calculation circuit 41<sub>2</sub> inputs the 0th bit that constitutes the input signal D41 of a triplet and computes logarithmic probability value D42<sub>2</sub> ( $\log P$

( $R_0=1|\mathbf{R}$ )) which is an opposite numerical value of the probability that this bit is "1." Likelihood calculation circuit 41<sub>2</sub> supplies generated logarithmic probability value D42<sub>2</sub> to adding machine 42<sub>2</sub>42<sub>3</sub>42<sub>4</sub>and comparator 46<sub>1</sub>.

[0069]Likelihood calculation circuit 41<sub>3</sub> inputs the 1st bit that constitutes the input signal D41 of a triplet and computes logarithmic probability value D42<sub>3</sub> ( $\log P$

( $R_1=0|\mathbf{R}$ )) which is an opposite numerical value of the probability that this bit is "0." Likelihood calculation circuit 41<sub>3</sub> supplies generated logarithmic probability value D42<sub>3</sub> to adding machine 42<sub>2</sub> and comparator 46<sub>2</sub>.

[0070]Likelihood calculation circuit 41<sub>4</sub> inputs the 1st bit that constitutes the input signal D41 of a triplet and computes further again logarithmic probability value

D42<sub>4</sub> ( $\log P(R_1=1|\mathbf{R})$ ) which is an opposite numerical value of the probability that this bit is "1." Likelihood calculation circuit 41<sub>4</sub> supplies generated logarithmic probability value D42<sub>4</sub> to adding machine 42<sub>1</sub>42<sub>3</sub>42<sub>4</sub>and comparator 46<sub>2</sub>.

[0071]Likelihood calculation circuit 41<sub>5</sub> inputs the 2nd bit that constitutes the input signal D41 of a triplet and computes logarithmic probability value D42<sub>5</sub> ( $\log P$

( $R_2=0|\mathbf{R}$ )) which is an opposite numerical value of the probability that this bit is

"0." Likelihood calculation circuit 41<sub>5</sub> supplies generated logarithmic probability value D42<sub>5</sub> to adding machine 42<sub>4</sub> and comparator 46<sub>3</sub>.

[0072]Likelihood calculation circuit 41<sub>6</sub> inputs the 2nd bit that constitutes the input signal D41 of a triplet and computes logarithmic probability value D42<sub>6</sub> ( $\log P$

$(R_2=1|R)$ ) which is an opposite numerical value of the probability that this bit is

"1." Likelihood calculation circuit 41<sub>6</sub> supplies generated logarithmic probability value D42<sub>6</sub> to adding machine 42<sub>1</sub>, 42<sub>2</sub>, 42<sub>3</sub> and comparator 46<sub>3</sub>.

[0073]Logarithmic probability value D42<sub>1</sub> to which adding machine 42<sub>1</sub> was supplied from likelihood calculation circuit 41<sub>1</sub>, Logarithmic probability value D42<sub>4</sub> supplied from likelihood calculation circuit 41<sub>4</sub> and logarithmic probability value D42<sub>6</sub> supplied from likelihood calculation circuit 41<sub>6</sub> are added and likelihood value D43<sub>1</sub> is generated. That is this likelihood value D43<sub>1</sub> is exactly the probability of

being expressed  $\log P(R|M_0M_1M_2=011)$ . Adding machine 42<sub>1</sub> supplies generated likelihood value D43<sub>1</sub> to log-sum circuit 43<sub>1</sub> and 43<sub>3</sub>.

[0074]Logarithmic probability value D42<sub>2</sub> to which adding machine 42<sub>2</sub> was supplied from likelihood calculation circuit 41<sub>2</sub>, Logarithmic probability value D42<sub>3</sub> supplied from likelihood calculation circuit 41<sub>3</sub> and logarithmic probability value D42<sub>6</sub> supplied from likelihood calculation circuit 41<sub>6</sub> are added and likelihood value D43<sub>2</sub> is generated. That is this likelihood value D43<sub>2</sub> is exactly the probability of

being expressed  $\log P(R|M_0M_1M_2=101)$ . Adding machine 42<sub>2</sub> supplies generated likelihood value D43<sub>2</sub> to log-sum circuit 43<sub>1</sub> and 43<sub>4</sub>.

[0075]Logarithmic probability value D42<sub>2</sub> to which adding machine 42<sub>3</sub> was supplied from likelihood calculation circuit 41<sub>2</sub>, Logarithmic probability value D42<sub>4</sub> supplied from likelihood calculation circuit 41<sub>4</sub> and logarithmic probability value D42<sub>6</sub> supplied from likelihood calculation circuit 41<sub>6</sub> are added and likelihood value D43<sub>3</sub> is generated. That is this likelihood value D43<sub>3</sub> is exactly the probability of

being expressed  $\log P(R|M_0M_1M_2=111)$ . Adding machine 42<sub>3</sub> supplies generated likelihood value D43<sub>3</sub> to log-sum circuit 43<sub>2</sub> and 43<sub>3</sub>.

[0076]Logarithmic probability value D42<sub>2</sub> to which adding machine 42<sub>4</sub> was supplied from likelihood calculation circuit 41<sub>2</sub>, Logarithmic probability value D42<sub>4</sub> supplied from likelihood calculation circuit 41<sub>4</sub> and logarithmic probability value D42<sub>5</sub> supplied from likelihood calculation circuit 41<sub>5</sub> are added and likelihood value D43<sub>4</sub> is generated. That is this likelihood value D43<sub>4</sub> is exactly the probability of

being expressed  $\log P(R|M_0M_1M_2=110)$ . Adding machine 42<sub>4</sub> supplies generated likelihood value D43<sub>4</sub> to log-sum circuit 43<sub>2</sub> and 43<sub>4</sub>.

[0077]log-sum circuit 43<sub>1</sub> performs the operation shown in a following formula (4) to likelihood value D43<sub>1</sub> supplied from adding machine 42<sub>1</sub> and likelihood value D43<sub>2</sub> supplied from adding machine 42<sub>2</sub> and generates likelihood value D44<sub>1</sub>. log-sum circuit 43<sub>1</sub> supplies generated likelihood value D44<sub>1</sub> to adding machine 44<sub>1</sub>.

[0078]

[Equation 4]



[0079]log-sum circuit 43<sub>2</sub> performs the operation shown in a following formula (5) to likelihood value D43<sub>3</sub> supplied from adding machine 42<sub>3</sub> and likelihood value D43<sub>4</sub> supplied from adding machine 42<sub>4</sub> and generates likelihood value D44<sub>2</sub>. log-sum circuit 43<sub>2</sub> supplies generated likelihood value D44<sub>2</sub> to adding machine 44<sub>2</sub>.

[0080]

[Equation 5]

[0081]log-sum circuit 43<sub>3</sub> performs the operation shown in a following formula (6) to likelihood value D43<sub>1</sub> supplied from adding machine 42<sub>1</sub> and likelihood value D43<sub>3</sub> supplied from adding machine 42<sub>3</sub> and generates likelihood value D44<sub>3</sub>. log-sum circuit 43<sub>3</sub> supplies generated likelihood value D44<sub>3</sub> to adding machine 44<sub>3</sub>.

[0082]

[Equation 6]

[0083]log-sum circuit 43<sub>4</sub> performs the operation shown in a following formula (7) to likelihood value D43<sub>2</sub> supplied from adding machine 42<sub>2</sub> and likelihood value D43<sub>4</sub> supplied from adding machine 42<sub>4</sub> and generates likelihood value D44<sub>4</sub>. log-sum circuit 43<sub>4</sub> supplies generated likelihood value D44<sub>4</sub> to adding machine 44<sub>4</sub>.

[0084]

[Equation 7]

[0085]Adding machine 44<sub>1</sub> adds likelihood value D44<sub>1</sub> supplied from log-sum circuit 43<sub>1</sub> and logarithmic prior probability D45<sub>1</sub> ( $\log P(C_0=0)$ ) to the input bit inputted from the outside and generates logarithmic probability value D46<sub>1</sub>. This logarithmic probability value D46<sub>1</sub> expresses the probability shown in a following formula (8). Adding machine 44<sub>1</sub> supplies generated logarithmic probability value D46<sub>1</sub> to comparator 45<sub>1</sub>.

[0086]

[Equation 8]

[0087]Adding machine 44<sub>2</sub> adds likelihood value D44<sub>2</sub> supplied from log-sum circuit 43<sub>2</sub> and logarithmic prior probability D45<sub>2</sub> ( $\log P(C_0=1)$ ) to the input bit inputted from the outside and generates logarithmic probability value D46<sub>2</sub>. This logarithmic probability value D46<sub>2</sub> expresses the probability shown in a following formula (9). Adding machine 44<sub>2</sub> supplies generated logarithmic probability value D46<sub>2</sub> to comparator 45<sub>1</sub>.

[0088]

[Equation 9]

[0089] Adding machine 44<sub>3</sub> adds likelihood value D44<sub>3</sub> supplied from log-sum circuit 43<sub>3</sub> and logarithmic prior probability D45<sub>3</sub> ( $\log P(C_1=0)$ ) to the input bit inputted from the outside and generates logarithmic probability value D46<sub>3</sub>. This logarithmic probability value D46<sub>3</sub> expresses the probability shown in a following formula (10). Adding machine 44<sub>3</sub> supplies generated logarithmic probability value D46<sub>3</sub> to comparator 45<sub>2</sub>.

[0090]

[Equation 10]

[0091] Adding machine 44<sub>4</sub> adds likelihood value D44<sub>4</sub> supplied from log-sum circuit 43<sub>4</sub> and logarithmic prior probability D45<sub>4</sub> ( $\log P(C_1=1)$ ) to the input bit inputted from the outside and generates logarithmic probability value D46<sub>4</sub>. This logarithmic probability value D46<sub>4</sub> expresses the probability shown in a following formula (11). Adding machine 44<sub>4</sub> supplies generated logarithmic probability value D46<sub>4</sub> to comparator 45<sub>2</sub>.

[0092]

[Equation 11]

[0093] Logarithmic probability value D46<sub>1</sub> to which comparator 45<sub>1</sub> was supplied from adding machine 44<sub>1</sub>. A ratio with logarithmic probability value D46<sub>2</sub> supplied from adding machine 44<sub>2</sub> is taken decoding logarithmic posterior probability ratio D47<sub>1</sub> ( $\log(P(C_0=1|R)/P(C_0=0|R))$ ) is generated and it outputs outside.

[0094] Logarithmic probability value D46<sub>3</sub> to which comparator 45<sub>2</sub> was supplied from adding machine 44<sub>3</sub>. A ratio with logarithmic probability value D46<sub>4</sub> supplied from adding machine 44<sub>4</sub> is taken decoding logarithmic posterior probability ratio D47<sub>2</sub> ( $\log(P(C_1=1|R)/P(C_1=0|R))$ ) is generated and it outputs outside.

[0095] Logarithmic probability value D42<sub>1</sub> to which comparator 46<sub>1</sub> was supplied from likelihood calculation circuit 41<sub>1</sub>. A ratio with logarithmic probability value D42<sub>2</sub> supplied from likelihood calculation circuit 41<sub>2</sub> is taken logarithmic posterior probability ratio D48<sub>1</sub> ( $\log(P(M_0=1|R)/P(M_0=0|R))$ ) is generated and adding machine 48<sub>1</sub> is supplied.

[0096] Logarithmic probability value D42<sub>3</sub> to which comparator 46<sub>2</sub> was supplied from likelihood calculation circuit 41<sub>3</sub>. A ratio with logarithmic probability value D42<sub>4</sub> supplied from likelihood calculation circuit 41<sub>4</sub> is taken logarithmic posterior probability ratio D48<sub>2</sub> ( $\log(P(M_1=1|R)/P(M_1=0|R))$ ) is generated and adding machine 48<sub>2</sub> is supplied.

[0097] Logarithmic probability value D42<sub>5</sub> to which comparator 46<sub>3</sub> was supplied from likelihood calculation circuit 41<sub>5</sub>. A ratio with logarithmic probability value D42<sub>6</sub> supplied from likelihood calculation circuit 41<sub>6</sub> is taken logarithmic posterior

probability ratio  $D48_3 (\log (P (M_2=1|R)/P (M_2=0|R)))$  is generated and adding machine 48<sub>3</sub> is supplied.

[0098] Based on logarithmic prior probability  $D45_1$  to an input bit inputted from the outside  $D45_2$ ,  $D45_3$  and  $D45_4$  coefficient calculation circuit 47<sub>1</sub> The  $M_0$  coefficient alpha expressed with a following formula (12) i.e. a coefficient to modulation-code  $M_0$  equivalent to the 0th bit that constitutes the input signal  $D41$  of a triplet is computed and  $M_0$  coefficient signal  $D49_1$  is generated. Coefficient calculation circuit 47<sub>1</sub> supplies generated  $M_0$  coefficient signal  $D49_1$  to adding machine 48<sub>1</sub>.  
[0099]

[Equation 12]

[0100] Based on logarithmic prior probability  $D45_1$  to the input bit inputted from the outside  $D45_2$ ,  $D45_3$  and  $D45_4$  coefficient calculation circuit 47<sub>2</sub> The  $M_1$  coefficient beta expressed with a following formula (13) i.e. the coefficient to modulation-code  $M_1$  equivalent to the 1st bit that constitutes the input signal  $D41$  of a triplet is computed and  $M_1$  coefficient signal  $D49_2$  is generated. Coefficient calculation circuit 47<sub>2</sub> supplies generated  $M_1$  coefficient signal  $D49_2$  to adding machine 48<sub>2</sub>.

[0101]

[Equation 13]

[0102] Based on logarithmic prior probability  $D45_1$  to an input bit inputted from the outside  $D45_2$ ,  $D45_3$  and  $D45_4$  coefficient calculation circuit 47<sub>3</sub> The  $M_2$  coefficient gamma expressed with a following formula (14) i.e. a coefficient to modulation-code  $M_2$  equivalent to the 2nd bit that constitutes the input signal  $D41$  of a triplet is computed and  $M_2$  coefficient signal  $D49_3$  is generated. Coefficient calculation circuit 47<sub>3</sub> supplies generated  $M_2$  coefficient signal  $D49_3$  to adding machine 48<sub>3</sub>.

[0103]

[Equation 14]

[0104] Adding machine 48<sub>1</sub> adds logarithmic posterior probability ratio  $D48_1$  supplied from comparator 46<sub>1</sub> and  $M_0$  coefficient signal  $D49_1$  supplied from coefficient calculation circuit 47<sub>1</sub>. Adding machine 48<sub>1</sub> outputs outside decoding channel logarithmic posterior probability ratio signal  $D50_1 (\log (P (M_0=1|R)/P (M_0=0|R)))$  added and generated.

[0105] Adding machine 48<sub>2</sub> adds logarithmic posterior probability ratio  $D48_2$  supplied from comparator 46<sub>2</sub> and  $M_1$  coefficient signal  $D49_2$  supplied from coefficient calculation circuit 47<sub>2</sub>. Adding machine 48<sub>2</sub> outputs outside decoding channel logarithmic posterior probability ratio signal  $D50_2 (\log (P (M_1=1|R)/P$

( $M_1=0|R$ )) added and generated.

[0106] Adding machine 48<sub>3</sub> adds logarithmic posterior probability ratio D48<sub>3</sub> supplied from comparator 46<sub>3</sub> and  $M_1$  coefficient signal D49<sub>3</sub> supplied from coefficient calculation circuit 47<sub>3</sub>. Adding machine 48<sub>3</sub> outputs outside decoding channel logarithmic posterior probability ratio signal D50<sub>3</sub> ( $\log(P(M_2=1|R))/P(M_2=0|R)$ ) added and generated.

[0107] Each receiving bit in the input signal D41 ( $R$ ) which the decoder 40 which has such each part takes an analog value under the influence of a noise generated in a transmission process and is made into \*\*\*\*\*Namely it has likelihood calculation circuit 41<sub>1</sub> to each output-codes word by the side of modulation-code-izing 41<sub>2</sub> 41<sub>3</sub> 41<sub>4</sub> 41<sub>5</sub> and 41<sub>6</sub>. By using a likelihood value obtained by asking for likelihood of each output-codes word by these likelihood calculation circuit 41<sub>1</sub> 41<sub>2</sub> 41<sub>3</sub> 41<sub>4</sub> 41<sub>5</sub> and 41<sub>6</sub> posterior probability information which is a soft value over an input bit and an outputted bit by the side of modulation-code-izing -- real -- it can ask direct.

[0108] Although the decoder 40 inputs logarithmic prior probability D45<sub>1</sub> D45<sub>2</sub> D45<sub>3</sub> and D45<sub>4</sub> from the outside When probability that each bit which constitutes a binary signal inputted into a modulation-code-ized machine which is not illustrated is "0" and probability which is "1" are equivalent It is not necessary to input logarithmic prior probability D45<sub>1</sub> D45<sub>2</sub> D45<sub>3</sub> and D45<sub>4</sub> and what is necessary is just to treat so that all values of these logarithmic prior probability D45<sub>1</sub> D45<sub>2</sub> D45<sub>3</sub> and D45<sub>4</sub> may be "0."

[0109] Although the decoder 40 was explained as what decodes data modulation-code-ized by outputted bit of a triplet from a 2-bit input bit As a decoder same composition corresponding to an input bit and/or the number of outputted bits may be used without adhering to an input bit and/or the number of outputted bits.

[0110] Now a magnetic recorder and reproducing device which applied these interleavers and decoders is explained using drawing 7. [ like ]

[0111] The magnetic recorder and reproducing device 50 shown in the figure is provided with the following.

The error correcting code-ized machine 51 which performs error correcting code-ization to data which inputted data as a recording system for recording on the recording medium 70.

The interleavers 52 and 54 which rearrange an order of inputted data.

The modulation-code-ized machine 53 which performs modulation-code-ization to inputted data.

PURIKODA 55 which gives filtering which compensates a channel characteristic to inputted data the write current driver 56 who changes each bit of inputted data into a write current value and the writing head 57 for recording data to the recording medium 70.

[0112] The error correcting code-ized machine 51 which is an error correcting

code-ized means performs error correcting code-ization to the input data D51. The error correcting code-ized machine 51 supplies the error correcting code-ized data D52 which was error-correcting-code-ized and was generated to the latter interleaver 52.

[0113]The interleaver 52 which is the 1st stirring meansIt is constituted as the interleaver 10 mentioned above the error correcting code-ized data D52 by which coding was made with the error correcting code-ized machine 51 is stirred by bitwise and an order of each bit which constitutes the error correcting code-ized data D52 is rearranged. The interleaver 52 supplies the generated interleaved data D53 to the latter modulation-code-ized machine 53.

[0114]The modulation-code-ized machine 53 which is a modulation-code-ized means performs predetermined modulation-code-ization to the interleaved data D53 supplied from the interleaver 52 and generates the modulation-code-ized data D54 to which restriction was added and which is a series. The modulation-code-ized machine 53 supplies the generated modulation-code-ized data D54 to the latter interleaver 54.

[0115]The interleaver 54 which is the 2nd stirring meansIt is constituted as the interleaver 20 mentioned above the modulation-code-ized data D54 by which coding by block abnormal conditions was made with the modulation-code-ized machine 53 is stirred by a modulation-code block unit and an order of each bit which constitutes the modulation-code-ized data D54 is rearranged. The interleaver 54 supplies the generated interleaved data D55 to latter PURIKODA 55.

[0116]As opposed to the interleaved data D55 in which PURIKODA 55 which is a PURIKODO means was supplied from the interleaver 54 Filtering which compensates a channel characteristic to an output in the equalizer 59 in a reversion system later mentioned from writing of data to the recording medium 70 is given and the Puri code signal D56 which is a binary signal is generated. For example PURIKODA 55 gives filtering F expressed with a following formula (15) when a channel has the characteristic of  $1-D$ . PURIKODA 55 supplies the generated Puri code signal D56 to the latter write current driver 56.

[0117]

[Equation 15]

[0118]To the Puri code signal D56 supplied from PURIKODA 55 the write current driver 56 changes each bit into write current value  $I_s$  and generates the write current signal D57 so that it may be considered as  $0 \rightarrow -I_s$  and  $1 \rightarrow +I_s$ . The write current driver 56 supplies the generated write current signal D57 to the latter writing head 57.

[0119]The writing head 57 records data to the recording medium 70 by giving the write-in magnetization signal D58 according to the write current signal D57 supplied from the write current driver 56 to the recording medium 70.

[0120]The recording system in such a magnetic recorder and reproducing device 50 In recording data to the recording medium 70 Error correcting code-ization is

performed with the error correcting code-ized machine 51 to the input data D51. After stirring the error correcting code-ized data D52 by bitwise by the interleaver 52. Predetermined modulation-code-ization is performed with the modulation-code-ized machine 53 to the interleaved data D53. The modulation-code-ized data D54 is further stirred by a modulation-code block unit by the interleaver 54 and PURIKODA 55 generates the Puri code signal D56.

[0121] And this recording system records the Puri code signal D56 generated by PURIKODA 55 on the recording medium 70 via the write current driver 56 and the writing head 57.

[0122] Thus a recording system in the magnetic recorder and reproducing device 50. While equipping the latter part of the error correcting code-ized machine 51 with the interleaver 52. By equipping the latter part of the modulation-code-ized machine 53 with the interleaver 54 and performing coding by a column concatenated code between the error correcting code-ized machine 51, the modulation-code-ized machine 53 and PURIKODA 55. Highly efficient coding is realizable as error-correcting-code-izing, modulation-code-izing and coding to a channel.

[0123] On the other hand, the magnetic recorder and reproducing device 50 is provided with the following.

Head reads 58 for reading data currently recorded on the recording medium 70 as a reversion system for reproducing data currently recorded on the recording medium 70.

The equalizer 59 which equalizes inputted data.

The gain control circuit 60 which adjusts a profit of inputted data.

The analog-to-digital converter (it is hereafter described as A/D.) 61 which changes analog data into digital data. A channel abnormal conditions and the error correction turbo decoder 64 which perform turbo decoding to data inputted as the timing reproduction circuit 62 which reproduces a clock and the gain control control circuit 63 which controls the gain control circuit 60.

[0124] The head reads 58 are read from the recording medium 70. Read the magnetization signal D59 and generate the read-currents signal D60 according to this read-out magnetization signal D59. The head reads 58 supply the generated read-currents signal D60 to the latter equalizer 59.

[0125] To the read-currents signal D60 supplied from the head reads 58, the equalizer 59 performs equalization so that a channel response from writing of data to the recording medium 70 in a recording system to an output in the equalizer 59 concerned may become the predetermined characteristic. For example, 1-D and it generates the equalization signal D61. The equalizer 59 supplies the generated equalization signal D61 to the latter gain control circuit 60.

[0126] The gain control circuit 60 adjusts a profit of the equalization signal D61 supplied from the equalizer 59 based on the gain control control signal D65 supplied from the gain control control circuit 63 and generates the gain control signal D62. The gain control circuit 60 supplies the generated gain control signal

D62 to A/D61 of the latter part.

[0127]A/D61 samples the gain control signal D62 supplied from the gain control circuit 60 based on the clock signal D64 supplied from the timing reproduction circuit 62, digitizes the gain control signal D62 and generates the digital channel signal D63. A/D61 supplies the generated digital channel signal D63 to the timing reproduction circuit 62, the gain control control circuit 63 and a channel abnormal conditions and the error correction turbo decoder 64.

[0128]The timing reproduction circuit 62 reproduces a clock from the digital channel signal D63 supplied from A/D61 and generates the clock signal D64. The timing reproduction circuit 62 supplies the generated clock signal D64 to A/D61.

[0129]The gain control control circuit 63 generates the gain control control signal D65 which is a control signal for maintaining at a value from which amplitude of the equalization signal D61 is expected based on the digital channel signal D63 supplied from A/D61. The gain control control circuit 63 supplies the generated gain control control signal D65 to the gain control circuit 60.

[0130]A channel abnormal conditions and the error correction turbo decoder 64 connect a SISO type decoder constituted as the decoders 30 and 40 mentioned above and perform turbo decoding. Although a channel abnormal conditions and the error correction turbo decoder 64 are explained in full detail behind, they input the digital channel signal D63 supplied from A/D61, perform turbo decoding and output a decoding result outside as the output data D66 of soft output or hard output (hard output).

[0131]Here a channel abnormal conditions and the error correction turbo decoder 64 are explained in full detail using drawing 8.

[0132]A channel abnormal conditions and the error correction turbo decoder 64 are provided with the following.

Channel SISO decoder 81 which is a SISO type decoder which performs decoding to a channel response from the preceding paragraph of PURIKODA 55 in a recording system to an output in the equalizer 59 in a reversion system as shown in the figure.

Deinterleaver 83 and 88 which returns an order of inputted data.

Abnormal-conditions SISO decoder 84 which is a SISO type decoder which gives abnormal-conditions decoding to inputted data.

the interleavers 86 and 91 which rearrange an order of inputted data, error correction \*\*\*\*\* 89 which gives error correction \*\*\*\*\* to inputted data, the changeover switch 92 for changing data inputted as prior probability information over an information bit and four difference -- the vessels 82, 85, 87 and 90.

[0133]Channel SISO decoder 81 which is a channel decoding means is constituted as the decoders 30 and 40 mentioned above and is a SISO type decoder. The digital channel signal D63 which is \*\*\*\*\* to which channel SISO decoder 81 was supplied from A/D61, inside of the prior probability information signal D83 over an information bit whose prior probability information signal D77 or value to an information bit which is \*\*\*\*\* supplied from the interleaver 86 is "0". The prior

probability information signal D84 selected with the changeover switch 92 is inputted Soft-output decoding based on a BCJR algorithm a SOVA algorithm etc. which were mentioned above is performed to channel response  $R_{ch}$  expressed with a channel response from the preceding paragraph of PURIKODA 55 in a recording system to an output in the equalizer 59 in a reversion system for example a following formula (16). When the interleaved data D55 in front of PURIKODA 55 are expressed as  $C(t)$  and  $(0 \leq t \leq N)$  here channel SISO decoder 81 computing the logarithmic posterior probability ratio  $\log(P(C(t)=1)/P(C(t)=0))$  to this  $C(t)$  which is posterior probability information and making this logarithmic posterior probability ratio into the channel decoded signal D71 -- latter difference -- the vessel 82 is supplied.

[0134]

[Equation 16]

[0135] As channel SISO decoder 81 What is necessary is just what is constituted as a decoder of what [ not only ] is constituted as the decoders 30 and 40 mentioned above but a SISO type For example based on the trellis corresponding to a channel responses soft-output decoding based on a BCJR algorithm a SOVA algorithm etc. which were mentioned above may be performed.

[0136] difference -- the vessel 82 with the channel decoded signal D71 which is supplied from channel SISO decoder 81 and made into \*\*\*\*\*. A difference value with the prior probability information signal D77 which is supplied from the interleaver 86 and made into \*\*\*\*\* is calculated The data given with this difference value is outputted to the latter deinterleaver 83 as soft output as the channel external information signal D72 which is the external information (extrinsic information) over the information bit which can be found according to the constraint of numerals. This channel external information signal D72 corresponds to the interleaved data D55 interleaved by the interleaver 54 in a recording system.

[0137] The deinterleaver 83 which is the 1st reverse stirring means A bit array of the interleaved data D55 interleaved by the interleaver 54 in a recording system respectively so that it may return to a bit array of the original modulation-code-ized data D54 difference -- a DEINTA reeve is given to the channel external information signal D72 of \*\*\*\*\* supplied from the vessel 82 by a modulation-code block unit. as the DEINTA reeve signal D73 which is the prior probability information over a sign bit [ in / for data produced by carrying out the DEINTA reeve of the deinterleaver 83 / abnormal-conditions SISO decoder 84 ] -- abnormal-conditions SISO decoder 84 and difference -- the vessel 85 is supplied.

[0138] Abnormal-conditions SISO decoder 84 which is an abnormal-conditions decoding means is constituted as the decoders 30 and 40 mentioned above and is a SISO type decoder. Modulation-code-ization of  $R=K/N$  is performed for a coding rate with the modulation-code-ized machine 53 in a recording system here The interleaved data D53 before modulation-code [ according the modulation-code-ized data D54 after modulation-code / with the modulation-code-ized machine 53



$M(t)$  ( $0 \leq t < N$ ) and the modulation-coded machine 53]—izing shall be expressed as  $E(t)$  and ( $0 \leq t < L$ ). Abnormal-conditions SISO decoder 84 inputs the interleave signal D82 which is \*\*\*\*\* supplied from the interleaver 91 while inputting the DEINTA reeve signal D73 which is \*\*\*\*\* supplied from the deinterleaver 83. Then the DEINTA reeve signal D73 which is prior probability information [ as opposed to a sign bit in abnormal-conditions SISO decoder 84 ] The logarithmic posterior probability ratio [ as opposed to  $M(t)$  based on the interleave signal D82 which is the prior probability information over an information bit ]  $\log(P(M(t)=1)/P(M(t)=0))$  which is posterior probability information The logarithmic posterior probability ratio  $\log(P(E(t)=1)/P(E(t)=0))$  to  $E(t)$  which is posterior probability information is computed. and -- abnormal-conditions SISO decoder 84 makes a logarithmic posterior probability ratio which receives  $M(t)$  and which is posterior probability information the abnormal-conditions channel decoded signal D74 -- difference -- making into the abnormal-conditions decoded signal D75 a logarithmic posterior probability ratio to  $E(t)$  which is posterior probability information while supplying the vessel 85 -- difference -- the vessel 87 is supplied.

[0139] difference -- the vessel 85 with the abnormal-conditions channel decoded signal D74 which is supplied from abnormal-conditions SISO decoder 84 and is made into \*\*\*\*\* A difference value with the DEINTA reeve signal D73 which is supplied from the deinterleaver 83 and made into \*\*\*\*\* is calculated Data given with this difference value is outputted to the latter interleaver 86 as soft output as the abnormal-conditions error correction external information signal D76 which is the external information over a sign bit which can be found according to a constraint of numerals.

[0140] the interleaver 86 which is the 3rd stirring means -- difference -- interleave by a modulation-code block unit based on the same stirring position information as the interleaver 54 in a recording system is given to the abnormal-conditions error correction external information signal D76 which is \*\*\*\*\* supplied from the vessel 85. as the prior probability information signal D77 over an information bit [ in / for data produced by the interleaver 86 interleaving / channel SISO decoder 81 ] -- channel SISO decoder 81 and difference -- the vessel 82 is supplied.

[0141] difference -- the vessel 87 with the abnormal-conditions decoded signal D75 which is supplied from abnormal-conditions SISO decoder 84 and is made into \*\*\*\*\* A difference value with the interleave signal D82 which is supplied from the interleaver 91 and made into \*\*\*\*\* is calculated Data given with this difference value is outputted to the latter deinterleaver 88 as soft output as the abnormal-conditions external information signal D78 which is the external information over an information bit which can be found according to a constraint of numerals. This abnormal-conditions external information signal D78 corresponds to the interleaved data D53 interleaved by the interleaver 52 in a recording system. [0142] The deinterleaver 88 which is the 2nd reverse stirring means A bit array of the interleaved data D53 interleaved by the interleaver 52 in a recording

system respectively so that it may return to a bit array of the original error correcting code-ized data D52 difference -- a DEINTA reeve is given to the abnormal-conditions external information signal D78 of \*\*\*\*\* supplied from the vessel 87 by bitwise. as the DEINTA reeve signal D79 which is the prior probability information over a sign bit [ in / for data produced by carrying out the DEINTA reeve of the deinterleaver 88 / error correction \*\*\*\*\* 89 ] -- error correction \*\*\*\*\* 89 and difference -- the vessel 90 is supplied.

[0143] Error correction \*\*\*\*\* 89 which is an error correction decoding means It is constituted as the decoders 30 and 40 mentioned above and \*\*\*\*\* of an error correcting code based on a BCJR algorithm a SOVA algorithm etc. which were mentioned above is performed to the DEINTA reeve signal D79 which is \*\*\*\*\* supplied from the deinterleaver 88. Here the input data D51 before error-correcting-code [ according the error correcting code-ized data D52 after error-correcting-code / with the error correcting code-ized machine 51 in a recording system /-izing to  $E(t)$  ( $0 \leq t < L$ ) and the error correcting code-ized machine 51 ]-izing shall be expressed as  $I(t)$  and ( $0 \leq t < K$ ). Error correction \*\*\*\*\* 89 computes the logarithmic posterior probability ratio  $\log(P(E(t)=1)/P(E(t)=0))$  to  $E(t)$  which is posterior probability information making this logarithmic posterior probability ratio into the error correction decoding signal D80 -- difference while supplying the vessel 90 The logarithmic posterior probability ratio  $\log(P(I(t)=1)/P(I(t)=0))$  to  $I(t)$  which is posterior probability information is computed and a decoding result based on this logarithmic posterior probability ratio is outputted outside as the output data D66 of soft output or hard output.

[0144] difference -- the vessel 90 with the error correction decoding signal D80 which is supplied from error correction \*\*\*\*\* 89 and made into \*\*\*\*\* A difference value with the DEINTA reeve signal D79 which is supplied from the deinterleaver 88 and made into \*\*\*\*\* is calculated Data given with this difference value is outputted to the latter interleaver 91 as soft output as the error correction external information signal D81 which is the external information over a sign bit which can be found according to a constraint of numerals.

[0145] the interleaver 91 which is the 4th stirring means -- difference -- interleave by bitwise based on the same stirring position information as the interleaver 52 in a recording system is given to the error correction external information signal D81 which is \*\*\*\*\* supplied from the vessel 90. as the interleave signal D82 which is the prior probability information over an information bit [ in / for data produced by the interleaver 91 interleaving / abnormal-conditions SISO decoder 84 ] -- abnormal-conditions SISO decoder 84 and difference -- the vessel 87 is supplied.

[0146] The changeover switch 92 chooses the prior probability information signal D83 as the prior probability information signal D84 over an information bit in channel SISO decoder 81 by connecting with the selected terminal a which supplies zero value which is the prior probability information signal D83 at the time of early stages of decoding. And henceforth [ it ] the changeover switch 92 is connected with the selected terminal b which supplies the prior probability

information signal D77 supplied from the interleaver 86 and chooses the prior probability information signal D77 as the prior probability information signal D84.

[0147] A channel abnormal conditions and the error correction turbo decoder 64 which are constituted in this way By having the error correcting code-ized machine 51 in a recording system the modulation-code-ized machine 53 and error correction \*\*\*\*\* 89 corresponding to each of PURIKODA 55 abnormal-conditions SISO decoder 84 and channel SISO decoder 81 Decoding complexity can decompose high numerals into a small element of complexity and can raise the characteristic sequentially by an interaction between channel SISO decoder 81 abnormal-conditions SISO decoder 84 and error correction \*\*\*\*\* 89. A channel abnormal conditions and the error correction turbo decoder 64 If the digital channel signal D63 which is \*\*\*\*\* supplied from A/D61 is inputted Only the predetermined number of times such as several times thru/or tens of times performs decoding operation of channel SISO decoder 81 thru/or error correction \*\*\*\*\* 89 repeatedly A logarithmic posterior probability ratio of soft output obtained as a result of decoding operation of the predetermined number of times is binary-ized by a binarization circuit which is outputted outside as it is as the output data D66 of soft output or is not illustrated and is outputted outside as the output data D66 of hard output.

[0148] A reversion system in such a magnetic recorder and reproducing device 50 In reproducing data currently recorded on the recording medium 70 As opposed to the digital channel signal D63 made into \*\*\*\*\* generated through the head reads 58 the equalizer 59 the gain control circuit 60 and A/D61 A channel abnormal conditions and the error correction turbo decoder 64 perform turbo decoding and the output data D66 corresponding to the input data D51 inputted into the error correcting code-ized machine 51 in a recording system is generated and outputted.

[0149] Thus a reversion system in the magnetic recorder and reproducing device 50 It has a channel abnormal conditions and the error correction turbo decoder 64 By performing turbo decoding between the error correcting code-ized machine 51 in a recording system the modulation-code-ized machine 53 and error correction \*\*\*\*\* 89 corresponding to each of PURIKODA 55 abnormal-conditions SISO decoder 84 and channel SISO decoder 81 Decoding corresponding to a channel response modulation-code-izing and error-correcting-code-izing is realizable.

[0150] As mentioned above in a recording system while the magnetic recorder and reproducing device 50 equips the latter part of the error correcting code-ized machine 51 with the interleaver 52 In [ equip the latter part of the modulation-code-ized machine 53 with the interleaver 54 perform coding by a column concatenated code between the error correcting code-ized machine 51 the modulation-code-ized machine 53 and PURIKODA 55 and ] a reversion system While realizing highly efficient coding by having a channel abnormal conditions and the error correction turbo decoder 64 and performing turbo decoding Since turbo decoding with sufficient efficiency which used \*\*\*\*\* about all the decoding processings to these numerals can be performed and it is not necessary to reduce information it becomes possible to reduce a decoding error rate substantially as a

result.

[0151]Below a magnetic recorder and reproducing device shown as a 2nd embodiment is explained. At least this magnetic recorder and reproducing device does not perform coding and decoding by a block unit in the case of modulation-coding and decoding but it performs trellis decoding corresponding to constraints while it gives correlation to data of order and codes.

[0152]Here an interleaver applied to a recording system of this magnetic recorder and reproducing device is explained first.

[0153]As an interleaver applied to this recording system What rearranges an order of each bit which is constituted like the interleaver 10 previously shown in drawing 1 stirs data by bitwise and constitutes data What rearranges an order of each bit which is constituted like the interleaver 20 previously shown in drawing 2 stirs data by a modulation-code block unit of a trellis and constitutes data can be considered. Here explains briefly an interleaver which omits explanation and stirs data by a modulation-code block unit of a trellis from \*\*\*\*\* which described previously an interleaver which stirs data by bitwise.

[0154]It considers rearranging an order of each bit which constitutes data in which modulation-code-ization which generates an outputted bit of a triplet to a 2-bit input bit by an interleaver which stirs data according to a translation table shown in Table 3 by a modulation-code block unit of a trellis was made. In this case if constraints which data in which modulation-code-ization was made fulfills are = (dk) (02) restrictions an interleaver will generate a series with which = (dk) (04) restrictions are filled.

[0155]Anythings are applicable if data is stirred so that predetermined constraints may be fulfilled by a modulation-code block unit of a trellis as an interleaver what [ not only ] stirs data but after interleave.

[0156]A SISO type decoder applied to coding equipment applied to a recording system of a magnetic recorder and reproducing device and a reversion system next is explained with reference to drawing 9 thru/or drawing 12. Although these coding equipment and decoders are shown as modulation-coding and a thing which carries out abnormal-conditions decoding respectively Coding equipment and a decoder to a channel and coding equipment and a decoder which give error-correcting-coding and decoding also refuse here that it is what is realized with same composition respectively.

[0157]A magnetic recorder and reproducing device is carried out based on a common trellis and performs modulation-coding and abnormal-conditions decoding. Generally although structure of a trellis changes according to restriction added to a modulation code it explains here modulation-coding and abnormal-conditions decoding which fill = (dk) (02) restrictions of coding rate  $R=2/3$ .

[0158](dk) = (02) a state transition diagram for generating numerals which fill restriction can be expressed as shown in drawing 9. In the figure  $S_0$ ,  $S_1$  and  $S_2$  shall show each state respectively and a label attached between each state shall show a bit outputted respectively when a change state is performed. For example when the change state " $S_0 \rightarrow S_1 \rightarrow S_2$ " is performed a bit series outputted is set to "00." A

bit series outputted when a change state according to this state transition diagram is performed certainly (dk) fills = (02) restrictions.

[0159]The coding rate R which outputs a modulation code of a triplet to a 2-bit input here = it considers performing two thirds of modulation-code-ization. In this case in order to generate a modulation code which fills = (dk) (02) restrictions it is clear that what is necessary is to carry out a change state 3 times respectively according to a state transition diagram showing in the figure and just to make an output in that case into a modulation code.

[0160]Thus a diagram produced by developing a trellis at the time of carrying out 3 circular voice transition according to a state transition diagram showing in the figure i.e. a state transition diagram to a time direction comes to be shown in drawing 10. For example in a trellis shown in the figure one kind of course which carries out 3 circular voice transition from the state S2 and results in the state S2 again exists and a branch located in the topmost part shows that an output in that case is "100."

[0161]In performing here modulation-code-ization which outputs a modulation code of a triplet to a 2-bit input furthermore a trellis which matched an input and an output can be constituted by choosing  $2^2=4$  branch from each state and assigning these branches to 00 and "011011" which are 2-bit inputs. Thus a trellis constituted by choosing a branch comes to be shown in drawing 11. In the figure a label attached between each state shows the input/output respectively. For example in a trellis shown in the figure one branch which shows  $S0 \rightarrow S2$  shows that "100" is outputted and a change state is changed into the state S2 when "11" is inputted on the occasion of the state S0.

[0162]Coding equipment applied to a magnetic recorder and reproducing device shown as a 2nd embodiment will code by repeating a change state according to a trellis constituted by such procedure and will generate a modulation-code series which has correlation between input data. What specifically has each part as shown for example in drawing 12 as such coding equipment can be considered.

[0163]The coding equipment 100 shown in the figure is provided with the following. The State register 101 holding a state (State) of the coding equipment 100 concerned.

Next the following State calculation circuit 102 which computes a next state which should change.

The output signal calculation circuit 103 which computes the output signal D94.

[0164]The State register 101 is a 2-bit register and holds 2 bits showing a state of the present coding equipment 100. The State register 101 supplies the condition signal D92 which shows 2 bits showing the present state in connection with holding 2 bits showing a next state based on the next state signal D93 supplied from the following State calculation circuit 102 to the following State calculation circuit 102 and the output signal calculation circuit 103.

[0165]The following State calculation circuit 102 will compute a next state according to an input-and-output conversion table showing for example in the

following table 4 if the input signal D91 and the condition signal D92 supplied from the State register 101 are inputted. The following State calculation circuit 102 supplies the next state signal D93 which shows a next state to the State register 101.

[0166]

[Table 4]

[0167] The output signal calculation circuit 103 will compute and output the output signal D94 according to an input-and-output conversion table showing for example in the following table 5 if the input signal D91 and the condition signal D92 supplied from the State register 101 are inputted. This output signal D94 fills = (dk) (02) restrictions.

[0168]

[Table 5]

[0169] When the input signal D91 is inputted such coding equipment 100 computes a next state using this input signal D91 and the condition signal D92 and is made to hold it one by one to the State register 101 by the following State calculation circuit 103. And by the output signal calculation circuit 103 the coding equipment 100 computes the output signal D94 using the input signal D91 and the condition signal D92 and outputs it outside.

[0170] In the coding equipment 100 since the state S3 does not exist when it changes in the state S3 before reset of the coding equipment 100 concerned based on Table 5 111 was immediately outputted as the output signal D94 and the function which returns to the state S0 has been realized.

[0171] As a decoder which decodes the signal coded with such coding equipment on the other hand decoding based on a BCJR algorithm a SOVA algorithm etc. shall be applied based on the trellis previously shown in drawing 11. In a magnetic recorder and reproducing device trellis decoding using correlation of the signal in coding equipment can be performed by considering it as such a decoder.

[0172] Especially in a magnetic recorder and reproducing device when performing trellis decoding as a decoder by performing SISO type decoding of a BCJR algorithm or a SOVA algorithm decoding using \*\*\*\*\* can be performed and a decoding error rate can be raised.

[0173] The magnetic recorder and reproducing device which applied these interleavers [ like ] coding equipment and a decoder is explained using drawing 13.

[0174] The magnetic recorder and reproducing device 110 shown in the figure is provided with the following.

The error correcting code-ized machine 111 which performs error correcting code-ization to the data which inputted data as a recording system for recording on the recording medium 70.

The interleaver 112 114 which rearranges an order of the inputted data.

The modulation-code-ized machine 113 which performs modulation-code-ization to the inputted data.

PURIKODA 115 which gives filtering which compensates a channel characteristic to the inputted data, the write current driver 116 who changes each bit of the inputted data into a write current value, and the writing head 117 for recording data to the recording medium 70.

[0175] The error correcting code-ized machine 111 which is an error correcting code-ized means performs error correcting code-ization to the input data D101 like the error correcting code-ized machine 51 in the magnetic recorder and reproducing device 50. The error correcting code-ized machine 111 supplies the error correcting code-ized data D102 which was error-correcting-code-ized and was generated to the latter interleaver 112.

[0176] The interleaver 112 which is the 1st stirring means The error correcting code-ized data D102 by which coding was made with the error correcting code-ized machine 111 is stirred by bitwise like the interleaver 52 in the magnetic recorder and reproducing device 50 mentioned above, and an order of each bit which constitutes the error correcting code-ized data D102 is rearranged. The interleaver 112 supplies the generated interleaved data D103 to the latter modulation-code-ized machine 113.

[0177] The modulation-code-ized machine 113 which is a modulation-code-ized means is a modulation-code-ized machine which generates the modulation-code series which is constituted as the coding equipment 100 mentioned above, codes by repeating a change state according to a trellis, and has correlation between input data. The modulation-code-ized machine 113 performs predetermined trellis modulation-code-ization to the interleaved data D103 supplied from the interleaver 112, and generates the modulation-code-ized data D104 to which restriction was added and which is a series. The modulation-code-ized machine 113 supplies the generated modulation-code-ized data D104 to the latter interleaver 114.

[0178] The interleaver 114 which is the 2nd stirring means stirs the modulation-code-ized data D104 by which the coding by block abnormal conditions was made with the modulation-code-ized machine 113 by a prescribed unit, for example, the modulation-code block unit of a trellis, and rearranges an order of each bit which constitutes the modulation-code-ized data D104. The interleaver 114 supplies the generated interleaved data D105 to latter PURIKODA 115.

[0179] As opposed to the interleaved data D105 which were supplied from the interleaver 114 like PURIKODA 55 in the magnetic recorder and reproducing device 50 mentioned above, as for PURIKODA 115 which is a PURIKODO means, filtering which compensates the channel characteristic from the writing of the data to the recording medium 70 to the output in the equalizer 119 in a reversion system is given, and the Puri code signal D106 which is a binary signal is generated. PURIKODA 115 supplies the generated Puri code signal D106 to the latter write current driver 116.

[0180]Like the write current driver 56 in the magnetic recorder and reproducing device 50 mentioned above, the Puri code signal D106 supplied from PURIKODA 115, the write current driver 116 changes each bit into write current value  $I_w$  and generates the write current signal D107. The write current driver 116 supplies the generated write current signal D107 to the latter writing head 117.

[0181]The writing head 117 like the writing head 57 in the magnetic recorder and reproducing device 50 mentioned above, by giving the write-in magnetization signal D108 according to the write current signal D107 supplied from the write current driver 116 to the recording medium 70, data is recorded to the recording medium 70.

[0182]The recording system in such a magnetic recorder and reproducing device 110, in recording data to the recording medium 70, error correcting code-ization is performed with the error correcting code-ized machine 111 to the input data D101. After stirring the error correcting code-ized data D102 by bit-wise by the interleaver 112, predetermined trellis modulation-code-ization is performed with the modulation-code-ized machine 113 to the interleaved data D103. Furthermore, the modulation-code-ized data D104 is stirred by the modulation-code block unit of a trellis by the interleaver 114, and PURIKODA 115 generates the Puri code signal D106.

[0183]And this recording system records the Puri code signal D106 generated by PURIKODA 115 on the recording medium 70 via the write current driver 116 and the writing head 117.

[0184]Thus, the recording system in the magnetic recorder and reproducing device 110, while equipping the latter part of the error correcting code-ized machine 111 with the interleaver 112, by equipping the latter part of the modulation-code-ized machine 113 with the interleaver 114, and performing the coding by a column concatenated code between the error correcting code-ized machine 111, the modulation-code-ized machine 113, and PURIKODA 115, highly efficient coding is realizable as error-correcting-code-izing, modulation-code-izing, and coding to a channel.

[0185]On the other hand, the magnetic recorder and reproducing device 110 is provided with the following.

Head reads 118 for reading the data currently recorded on the recording medium 70 as a reversion system for reproducing the data currently recorded on the recording medium 70.

The equalizer 119 which equalizes the inputted data.

The gain control circuit 120 which adjusts the profit of the inputted data.

The analog-to-digital converter 121 which changes analog data into digital data. The channel abnormal conditions and the error correction turbo decoder 124 which perform turbo decoding to the data inputted as the timing reproduction circuit 122 which reproduces a clock, and the gain control circuit 123 which controls the gain control circuit 120.

[0186]Like the head reads 58 in the magnetic recorder and reproducing device 50 mentioned above, the head reads 118 are read from the recording medium 70, read



the magnetization signal D109 and generate the read-currents signal D110 according to this read-out magnetization signal D109. The head reads 118 supply the generated read-currents signal D110 to the latter equalizer 119.

[0187] As opposed to the read-currents signal D110 which was supplied from the head reads 118 like the equalizer 59 in the magnetic recorder and reproducing device 50 mentioned above as for the equalizer 119 Equalization is performed so that the channel response from the writing of the data to the recording medium 70 in a recording system to the output in the equalizer 119 concerned may serve as the predetermined characteristic and the equalization signal D111 is generated. The equalizer 119 supplies the generated equalization signal D111 to the latter gain control circuit 120.

[0188] The gain control circuit 120 like the gain control circuit 60 in the magnetic recorder and reproducing device 50 mentioned above Based on the gain control control signal D115 supplied from the gain control control circuit 123 the profit of the equalization signal D111 supplied from the equalizer 119 is adjusted and the gain control signal D112 is generated. The gain control circuit 120 supplies the generated gain control signal D112 to A/D121 of the latter part.

[0189] A/D121 like A/D61 in the magnetic recorder and reproducing device 50 mentioned above The gain control signal D112 supplied from the gain control circuit 120 based on the clock signal D114 supplied from the timing reproduction circuit 122 is sampled the gain control signal D112 is digitized and the digital channel signal D113 is generated. A/D121 supplies the generated digital channel signal D113 to the timing reproduction circuit 122 the gain control control circuit 123 and a channel abnormal conditions and the error correction turbo decoder 124.

[0190] The timing reproduction circuit 122 reproduces a clock from the digital channel signal D113 supplied from A/D121 like the timing reproduction circuit 62 in the magnetic recorder and reproducing device 50 mentioned above and generates the clock signal D114. The timing reproduction circuit 122 supplies the generated clock signal D114 to A/D121.

[0191] The gain control control circuit 123 like the gain control control circuit 63 in the magnetic recorder and reproducing device 50 mentioned above The gain control control signal D115 which is a control signal for maintaining at the value from which the amplitude of the equalization signal D111 is expected based on the digital channel signal D113 supplied from A/D121 is generated. The gain control control circuit 123 supplies the generated gain control control signal D115 to the gain control circuit 120.

[0192] Like the channel and the abnormal-conditions turbo decoder 64 in the magnetic recorder and reproducing device 50 mentioned above a channel abnormal conditions and the error correction turbo decoder 124 connect a SISO type decoder and perform turbo decoding. Although a channel abnormal conditions and the error correction turbo decoder 124 are explained in full detail behind they input the digital channel signal D113 supplied from A/D121 perform turbo decoding and output a decoding result outside as the output data D116 of soft output or hard output.

[0193]Here a channel abnormal conditions and the error correction turbo decoder 124 are explained in full detail using drawing 14.

[0194]A channel abnormal conditions and the error correction turbo decoder 124 are provided with the following.

Channel SISO decoder 131 which is a SISO type decoder which performs decoding to the channel response from the preceding paragraph of PURIKODA 115 in a recording system to the output in the equalizer 119 in a reversion system as shown in the figure.

Deinterleaver 133 which returns an order of the inputted data.

Abnormal-conditions SISO decoder 134 which is a SISO type decoder which gives abnormal-conditions decoding to the inputted data.

The interleaver 136 which rearranges an order of the inputted data error correction \*\*\*\*\* 139 which gives error correction \*\*\*\*\* to the inputted data the changeover switch 142 for changing the data inputted as prior probability information over an information bit and four difference — the vessel 132 135 137 140.

[0195]Channel SISO decoder 131 which is a channel decoding means The digital channel signal D113 which is \*\*\*\*\* supplied from A/D121 The inside of the prior probability information signal D133 over the information bit whose prior probability information signal D127 or value to the information bit which is \*\*\*\*\* supplied from the interleaver 136 is "0" The prior probability information signal D134 selected with the changeover switch 142 is inputted Based on the trellis corresponding to the channel response from the preceding paragraph of PURIKODA 115 in a recording system to the output in the equalizer 119 in a reversion system soft-output decoding based on a BCJR algorithm a SOVA algorithm etc. which were mentioned above is performed. When the interleaved data D105 in front of PURIKODO by PURIKODA 115 are expressed as  $C(t)$  and  $(0 \leq t \leq N)$  here channel SISO decoder 131 computing the logarithmic posterior probability ratio  $\log(P(C(t)=1)/P(C(t)=0))$  to this  $C(t)$  which is posterior probability information and making this logarithmic posterior probability ratio into the channel decoded signal D121 — latter difference — the vessel 132 is supplied.

[0196]difference — the vessel 132 with the channel decoded signal D121 which is supplied from channel SISO decoder 131 and made into \*\*\*\*\* A difference value with the prior probability information signal D127 which is supplied from the interleaver 136 and made into \*\*\*\*\* is calculated The data given with this difference value is outputted to the latter deinterleaver 133 as soft output as the channel external information signal D122 which is the external information over the information bit which can be found according to the constraint of numerals. This channel external information signal D122 corresponds to the interleaved data D105 interleaved by the interleaver 114 in a recording system.

[0197]The deinterleaver 133 which is the 1st reverse stirring means The bit array of the interleaved data D105 interleaved by the interleaver 114 in a recording system respectively so that it may return to the bit array of the original modulation-code-ized data D104 difference — a DEINTA reeve is given to the

channel external information signal D122 of \*\*\*\*\* supplied from the vessel 132 by a prescribed unit for example a modulation-code block unit. as the DEINTA receive signal D123 which is the prior probability information over a sign bit [ in / for the data produced by carrying out the DEINTA receive of the deinterleaver 133 / abnormal-conditions SISO decoder 134 ] -- abnormal-conditions SISO decoder 134 and difference -- the vessel 135 is supplied.

[0198] Abnormal-conditions SISO decoder 134 which is an abnormal-conditions decoding means decodes the signal coded with the modulation-code-ized machine 113 in a recording system and is a SISO type modulation decoder. Modulation-code-ization of  $R=K/N$  is performed for a coding rate with the modulation-code-ized machine 113 here. The interleaved data D103 before modulation-code [ according the modulation-code-ized data D104 after modulation-code / with the modulation-code-ized machine 113 ] -izing shall be expressed as  $E(t)$  and  $(0 \leq t < N)$  and the modulation-code-ized machine 113 ] -izing shall be expressed as  $E(t)$  and  $(0 \leq t < L)$ . While abnormal-conditions SISO decoder 134 inputs the DEINTA receive signal D123 which is \*\*\*\*\* supplied from the deinterleaver 133. The interleaved signal D132 which is \*\*\*\*\* supplied from the interleaver 141 is inputted. The logarithmic posterior probability ratio  $\log(P(E(t)=1)/P(E(t)=0))$  to the logarithmic posterior probability ratios  $\log(P(M(t)=1)/P(M(t)=0))$  and  $E(t)$  to  $M(t)$  which are posterior probability information which is posterior probability information is computed using the trellis corresponding to constraints. and -- abnormal-conditions SISO decoder 134 makes the logarithmic posterior probability ratio which receives  $M(t)$  and which is posterior probability information the abnormal-conditions channel decoded signal D124 -- difference while supplying the vessel 135 making into the abnormal-conditions decoded signal D125 the logarithmic posterior probability ratio to  $E(t)$  which is posterior probability information -- difference -- the vessel 137 is supplied.

[0199] difference -- the vessel 135 with the abnormal-conditions channel decoded signal D124 which is supplied from abnormal-conditions SISO decoder 134 and is made into \*\*\*\*\* . A difference value with the DEINTA receive signal D123 which is supplied from the deinterleaver 133 and made into \*\*\*\*\* is calculated. The data given with this difference value is outputted to the latter interleaver 136 as soft output as the abnormal-conditions error correction external information signal D126 which is the external information over the sign bit which can be found according to the constraint of numerals.

[0200] The interleaver 136 which is the 3rd stirring means difference -- interleave by the prescribed unit based on the same stirring position information as the interleaver 114 in a recording system for example a modulation-code block unit is given to the abnormal-conditions error correction external information signal D126 which is \*\*\*\*\* supplied from the vessel 135. as the prior probability information signal D127 over an information bit [ in / for the data produced by the interleaver 136 interleaving / channel SISO decoder 131 ] -- channel SISO decoder 131 and difference -- the vessel 132 is supplied.

[0201] difference -- the vessel 137 with the abnormal-conditions decoded signal

D125 which is supplied from abnormal-conditions SISO decoder 134 and is made into \*\*\*\*\*. A difference value with the interleave signal D132 which is supplied from the interleaver 141 and made into \*\*\*\*\* is calculated. The data given with this difference value is outputted to the latter deinterleaver 138 as soft output as the abnormal-conditions external information signal D128 which is the external information over the information bit which can be found according to the constraint of numerals. This abnormal-conditions external information signal D128 corresponds to the interleaved data D103 interleaved by the interleaver 112 in a recording system.

[0202] The deinterleaver 138 which is the 2nd reverse stirring means. The bit array of the interleaved data D103 interleaved by the interleaver 112 in a recording system respectively so that it may return to the bit array of the original error correcting code-ized data D102 difference -- a DEINTA reeve is given to the abnormal-conditions external information signal D128 of \*\*\*\*\* supplied from the vessel 137 by bitwise. as the DEINTA reeve signal D129 which is the prior probability information over a sign bit [ in / for the data produced by carrying out the DEINTA reeve of the deinterleaver 138 / error correction \*\*\*\*\* 139 ] -- error correction \*\*\*\*\* 139 and difference -- the vessel 140 is supplied.

[0203] Error correction \*\*\*\*\* 139 which is an error correction decoding means performs \*\*\*\*\* of an error correcting code based on a BCJR algorithm a SOVA algorithm etc. which were mentioned above to the DEINTA reeve signal D129 which is \*\*\*\*\* supplied from the deinterleaver 138. Here the input data D101 before error-correcting-code [ according the error correcting code-ized data D102 after error-correcting-code / with the error correcting code-ized machine 111 in a recording system / -izing to  $E(t)$  ( $0 \leq t < L$ ) and the error correcting code-ized machine 111 ] -izing shall be expressed as  $I(t)$  and ( $0 \leq t < K$ ). Error correction \*\*\*\*\* 139 computes the logarithmic posterior probability ratio  $\log(P(E(t)=1)/P(E(t)=0))$  to  $E(t)$  which is posterior probability information making this logarithmic posterior probability ratio into the error correction decoding signal D130 -- difference while supplying the vessel 140. The logarithmic posterior probability ratio  $\log(P(I(t)=1)/P(I(t)=0))$  to  $I(t)$  which is posterior probability information is computed and the decoding result based on this logarithmic posterior probability ratio is outputted outside as the output data D116 of soft output or hard output.

[0204] difference -- the vessel 140 with the error correction decoding signal D130 which is supplied from error correction \*\*\*\*\* 139 and made into \*\*\*\*\*. A difference value with the DEINTA reeve signal D129 which is supplied from the deinterleaver 138 and made into \*\*\*\*\* is calculated. The data given with this difference value is outputted to the latter interleaver 141 as soft output as the error correction external information signal D131 which is the external information over the sign bit which can be found according to the constraint of numerals.

[0205] the interleaver 141 which is the 4th stirring means -- difference -- interleave by the bitwise based on the same stirring position information as the interleaver 112 in a recording system is given to the error correction external

information signal D131 which is \*\*\*\*\* supplied from the vessel 140. as the interleave signal D132 which is the prior probability information over an information bit [ in / for the data produced by the interleaver 141 interleaving / abnormal-conditions SISO decoder 134 ] -- abnormal-conditions SISO decoder 134 and difference -- the vessel 137 is supplied.

[0206]The changeover switch 142 chooses the prior probability information signal D133 as the prior probability information signal D134 over the information bit in channel SISO decoder 131 by connecting with the selected terminal c which supplies zero value which is the prior probability information signal D133 at the time of the early stages of decoding. And henceforth [ it ]the changeover switch 142 is connected with the selected terminal d which supplies the prior probability information signal D127 supplied from the interleaver 136and chooses the prior probability information signal D127 as the prior probability information signal D134.

[0207]The channelabnormal conditionsand the error correction turbo decoder 124 which are constituted in this wayLike the channel and the abnormal-conditions turbo decoder 64 in the magnetic recorder and reproducing device mentioned aboveBy having the error correcting code-ized machine 111 in a recording systemthe modulation-code-ized machine 113 and error correction \*\*\*\*\* 139 corresponding to each of PURIKODA 115abnormal-conditions SISO decoder 134and channel SISO decoder 131Decoding complexity can decompose high numerals into the small element of complexityand can raise the characteristic sequentially by the interaction between channel SISO decoder 131abnormal-conditions SISO decoder 134and error correction \*\*\*\*\* 139. A

channelabnormal conditionsand the error correction turbo decoder 124If the digital channel signal D113 which is \*\*\*\*\* supplied from A/D121 is inputtedOnly the predetermined number of times such as several times thru/or tens of timesperforms decoding operation of channel SISO decoder 131 thru/or error correction \*\*\*\*\* 139 repeatedlyThe logarithmic posterior probability ratio of the soft output obtained as a result of the decoding operation of the predetermined number of times is binary-ized by the binarization circuit which is outputted outside as it is as the output data D116 of soft outputor is not illustratedand is outputted outside as the output data D116 of hard output.

[0208]The reversion system in such a magnetic recorder and reproducing device 110In reproducing the data currently recorded on the recording medium 70As opposed to the digital channel signal D113 made into \*\*\*\*\* generated through the head reads 118the equalizer 119the gain control circuit 120and A/D121A channelabnormal conditionsand the error correction turbo decoder 124 perform turbo decodingand the output data D116 corresponding to the input data D101 inputted into the error correcting code-ized machine 111 in a recording system is generated and outputted.

[0209]Thusthe reversion system in the magnetic recorder and reproducing device 110It has a channelabnormal conditionsand the error correction turbo decoder 124By performing turbo decoding between the error correcting code-ized machine 111 in a recording systemthe modulation-code-ized machine 113 and error

correction \*\*\*\*\* 139 corresponding to each of PURIKODA 115 abnormal-conditions SISO decoder 134 and channel SISO decoder 131 a channel response decoding corresponding to modulation-code-izing and error-correcting-code-izing is realizable.

[0210] As mentioned above in a recording system while the magnetic recorder and reproducing device 110 equips the latter part of the error correcting code-ized machine 111 with the interleaver 112 In [ equip the latter part of the modulation-code-ized machine 113 with the interleaver 114 perform the coding by a column concatenated code between the error correcting code-ized machine 111 the modulation-code-ized machine 113 and PURIKODA 115 and ] a reversion system While realizing highly efficient coding by having a channel abnormal conditions and the error correction turbo decoder 124 and performing turbo decoding Since turbo decoding with the sufficient efficiency which used \*\*\*\*\* about all the decoding processings to these numerals can be performed and it is not necessary to reduce information it becomes possible to reduce a decoding error rate substantially as a result. Moreover since the magnetic recorder and reproducing device 110 can perform trellis decoding corresponding to constraints in a reversion system while coding by giving correlation to the data of order in a recording system it becomes possible to be able to reduce circuit structure and to reduce a decoding error rate of it further.

[0211] As explained above the magnetic recorder and reproducing device 50 110 mentioned above can realize highly efficient coding respectively can perform turbo decoding with the sufficient efficiency which used \*\*\*\*\* about all the decoding processings to these numerals and can reduce a decoding error rate. Especially the magnetic recorder and reproducing device 110 can expect to reduce a decoding error rate further while circuit structure is reduced by performing trellis decoding corresponding to constraints while giving correlation to the data of order and coding without performing the coding and decoding by a block unit. That is the magnetic recorder and reproducing device 50 110 can realize highly precise coding and decoding system respectively and can provide a user with high reliability.

[0212] This invention is not limited to the embodiment mentioned above and for example as the recording medium 70 mentioned above Besides what is depended on a magnetic recording system Even if it is a recording medium by magneto optic recordings such as a recording medium by optical recording method such as what is called CD (Compact Disc) DVD (Digital Versatile Disk) etc. or what is called MO (Magneto Optical). Of course it can apply easily.

[0213] Although it is a coding side and being explained as the magnetic recorder and reproducing device 110 by the embodiment mentioned above as what is a decoding side and performs trellis abnormal-conditions decoding while performing trellis modulation-code-ization This invention for example like the modulation-code-ized machine 53 in the magnetic recorder and reproducing device 50 It is a coding side when it is said that block abnormal conditions are performed it is a coding side and even if it is a case where trellis modulation-code-ization is not performed it is a decoding side and decoding corresponding to constraints and even

when more specifically performing trellis abnormal-conditions decoding and outputting a soft value it can apply.

[0214] Although the embodiment mentioned above explained as what is a device of the simple substance provided with the recording system and the reversion system as the magnetic recorder and reproducing device 50110 The recorder of a simple substance may be constituted as a recording system which records data to a recording medium and the reversion system which reproduces the data recorded on the recording medium by this recorder may be constituted as playback equipment of a simple substance.

[0215] As mentioned above it cannot be overemphasized that this invention can be suitably changed in the range which does not deviate from the meaning.

[0216]

[Effect of the Invention] As explained to details above the data recorder concerning this invention is provided with the following.

An error correcting code-ized means to be a data recorder which records data to a recording medium and to perform error correcting code-ization to the inputted data.

The 1st stirring means that stirs and rearranges an order of the data supplied from this error correcting code-ized means.

A modulation-code-ized means to perform predetermined modulation-code-ization to the data supplied from this 1st stirring means.

The 2nd stirring means that stirs and rearranges an order of the data supplied from this modulation-code-ized means.

[0217] Therefore the data recorder concerning this invention Highly efficient coding is realizable by stirring and rearranging an order of the data supplied from the error correcting code-ized means by the 1st stirring means and stirring and rearranging an order of the data supplied from the modulation-code-ized means by the 2nd stirring means.

[0218] The data recording method concerning this invention is provided with the following.

An error correcting code chemically-modified [ which is a data recording method which records data to a recording medium and performs error correcting code-ization to the inputted data ] degree.

The 1st stirring process that stirs and rearranges an order of data that coding was made to the error correcting code chemically-modified [ this ] degree.

A modulation-code chemically-modified [ which performs predetermined modulation-code-ization to the data rearranged at this 1st stirring process ] degree.

The 2nd stirring process that stirs and rearranges an order of data that coding was made to the modulation-code chemically-modified [ this ] degree.

[0219] Therefore the data recording method concerning this invention It becomes possible to realize highly efficient coding by stirring and rearranging an order of

data that coding was made to the error correcting code chemically-modified degreeat the 1st stirring processand stirring and rearranging an order of data that coding was made to the modulation-code chemically-modified degree in the 2nd stirring process.

[0220]An error correcting code-ized means to perform error correcting code-ization to the data which inputted the data reproduction apparatus concerning this inventionThe 1st stirring means that stirs and rearranges an order of the data supplied from this error correcting code-ized meansA modulation-code-ized means to perform predetermined modulation-code-ization to the data supplied from this 1st stirring meansIt has the 2nd stirring means that stirs and rearranges an order of the data supplied from this modulation-code-ized meansIt is a data reproduction apparatus which reproduces the data recorded by the recording device which records data to a recording mediumSo that the bit array of the data rearranged by the 2nd stirring means may be returned to the bit array of the data by which coding was made by the modulation-code-ized meansThe 1st reverse stirring means that stirs and rearranges an order of the inputted dataand the abnormal-conditions decoding means which carries out abnormal-conditions decoding of the data supplied from this 1st reverse stirring meansBased on the same stirring position information as the 2nd stirring meansthe bit array of the data rearranged by the 3rd stirring means that stirs and rearranges an order of the data given with the difference value of the data outputted from the abnormal-conditions decoding meansand the data outputted from the 1st reverse stirring meansand the 1st stirring meansSo that it may return to the bit array of the data by which coding was made by the error correcting code-ized meansThe 2nd reverse stirring means that stirs and rearranges an order of the inputted dataand the error correction decoding means which decodes an error correcting code to the data supplied from this 2nd reverse stirring meansBased on the same stirring position information as the 1st stirring meansit has the 4th stirring means that stirs and rearranges an order of the data given with the difference value of the data outputted from the error correction decoding meansand the data outputted from the 2nd reverse stirring means.

[0221]Thereforethe data reproduction apparatus concerning this inventionDecode the data which was stirred by the 1st reverse stirring means and rearranged by an abnormal-conditions decoding meansand by the 3rd stirring means. An order of the data given with the difference value of the data outputted from the abnormal-conditions decoding means and the data outputted from the 1st reverse stirring means is stirred and rearrangedDecode the data which was stirred by the 2nd reverse stirring means and rearranged by an error correction decoding meansand by the 4th stirring means. By stirring and rearranging an order of the data given with the difference value of the data outputted from the error correction decoding meansand the data outputted from the 2nd reverse stirring meansEfficient decoding which used \*\*\*\*\* about all the decoding processings can be performedand a decoding error rate can be reduced substantially.

[0222]Further again the data reproduction method concerning this inventionAn



error correcting code chemically-modified [ which performs error correcting code-ization to the inputted data ] degreeThe 1st stirring process that stirs and rearranges an order of data that coding was made to the error correcting code chemically-modified [ this ] degreeA modulation-code chemically-modified [ which performs predetermined modulation-code-ization to the data rearranged at this 1st stirring process ] degreeIt has the 2nd stirring process that stirs and rearranges an order of data that coding was made to the modulation-code chemically-modified [ this ] degreeIt is a data reproduction method which reproduces the data recorded by the record method which records data to a recording mediumSo that the bit array of the data rearranged at the 2nd stirring process may be returned to the bit array of the data in which coding was made to the modulation-code chemically-modified degreeThe 1st reverse stirring process that stirs and rearranges an order of the inputted dataand the abnormal-conditions decoding process of carrying out abnormal-conditions decoding of the data rearranged at this 1st reverse stirring processThe 3rd stirring process that stirs and rearranges an order of the data given based on the same stirring position information as the 2nd stirring process with the difference value of the data in which decoding was made at the abnormal-conditions decoding processand the data rearranged at the 1st reverse stirring processThe bit array of the data rearranged at the 1st stirring processSo that it may return to the bit array of the data in which coding was made to the error correcting code chemically-modified degreeThe 2nd reverse stirring process that stirs and rearranges an order of the inputted dataand the error correction decoding process of decoding an error correcting code to the data rearranged at this 2nd reverse stirring processBased on the same stirring position information as the 1st stirring processit has the 4th stirring process that stirs and rearranges an order of the data given with the difference value of the data in which decoding was made at the error correction decoding processand the data rearranged at the 2nd reverse stirring process.

[0223]Thereforethe data reproduction method concerning this inventionThe data which was stirred at the 1st reverse stirring process and rearranged is decoded at an abnormal-conditions decoding processAn order of the data given at the 3rd stirring process with the difference value of the data in which decoding was made at the abnormal-conditions decoding processand the data rearranged at the 1st reverse stirring process is stirred and rearrangedThe data which was stirred at the 2nd reverse stirring process and rearranged is decoded at an error correction decoding processBy stirring and rearranging an order of the data given at the 4th stirring process with the difference value of the data in which decoding was made at the error correction decoding processand the data rearranged at the 2nd reverse stirring processEfficient decoding which used \*\*\*\*\* about all the decoding processings can be performedand it becomes possible to reduce a decoding error rate substantially.

[0224]The data recording playback equipment concerning this inventionAs a recording system which is data recording playback equipment which performs the record and reproduction of data to a recording mediumand records data to a

recording medium An error correcting code-ized means to perform error correcting code-ization to the inputted data The 1st stirring means that stirs and rearranges an order of the data supplied from this error correcting code-ized means A modulation-code-ized means to perform predetermined modulation-code-ization to the data supplied from this 1st stirring means As a reversion system which reproduces the data which is provided with the 2nd stirring means that stirs and rearranges an order of the data supplied from this modulation-code-ized means and is recorded on the recording medium So that the bit array of the data rearranged by the 2nd stirring means may be returned to the bit array of the data by which coding was made by the modulation-code-ized means The 1st reverse stirring means that stirs and rearranges an order of the inputted data and the abnormal-conditions decoding means which carries out abnormal-conditions decoding of the data supplied from this 1st reverse stirring means The 3rd stirring means that stirs and rearranges an order of the data given based on the same stirring position information as the 2nd stirring means with the difference value of the data outputted from the abnormal-conditions decoding means and the data outputted from the 1st reverse stirring means So that the bit array of the data rearranged by the 1st stirring means may be returned to the bit array of the data by which coding was made by the error correcting code-ized means The 2nd reverse stirring means that stirs and rearranges an order of the inputted data and the error correction decoding means which decodes an error correcting code to the data supplied from this 2nd reverse stirring means Based on the same stirring position information as the 1st stirring means it has the 4th stirring means that stirs and rearranges an order of the data given with the difference value of the data outputted from the error correction decoding means and the data outputted from the 2nd reverse stirring means.

[0225] Therefore the data recording playback equipment concerning this invention In recording data to a recording medium Stir by the 1st stirring means rearrange an order of the data supplied from the error correcting code-ized means and by the 2nd stirring means. In reproducing the data which stirs and rearranges an order of the data supplied from the modulation-code-ized means and is recorded on the recording medium Decode the data which was stirred by the 1st reverse stirring means and rearranged by an abnormal-conditions decoding means and by the 3rd stirring means. An order of the data given with the difference value of the data outputted from the abnormal-conditions decoding means and the data outputted from the 1st reverse stirring means is stirred and rearranged Decode the data which was stirred by the 2nd reverse stirring means and rearranged by an error correction decoding means and by the 4th stirring means. While highly efficient coding is realizable by stirring and rearranging an order of the data given with the difference value of the data outputted from the error correction decoding means and the data outputted from the 2nd reverse stirring means Efficient decoding which used \*\*\*\*\* about all the decoding processings to these numerals can be performed and a decoding error rate can be reduced substantially.

[0226] The data recording regeneration method concerning this invention As a

recording system which is a data recording regeneration method which performs the record and reproduction of data to a recording medium and records data to a recording medium. An error correcting code chemically-modified [ which performs error correcting code-ization to the inputted data ] degree. The 1st stirring process that stirs and rearranges an order of data that coding was made to the error correcting code chemically-modified [ this ] degree. A modulation-code chemically-modified [ which performs predetermined modulation-code-ization to the data rearranged at this 1st stirring process ] degree. As a reversion system which reproduces the data which is provided with the 2nd stirring process that stirs and rearranges an order of data that coding was made to the modulation-code chemically-modified [ this ] degree and is recorded on the recording medium. So that the bit array of the data rearranged at the 2nd stirring process may be returned to the bit array of the data in which coding was made to the modulation-code chemically-modified degree. Based on the same stirring position information as the 1st reverse stirring process that stirs and rearranges an order of the inputted data, the abnormal-conditions decoding process of carrying out abnormal-conditions decoding of the data rearranged at this 1st reverse stirring process and the 2nd stirring process. The 3rd stirring process that stirs and rearranges an order of the data given with the difference value of the data in which decoding was made at the abnormal-conditions decoding process and the data rearranged at the 1st reverse stirring process. So that the bit array of the data rearranged at the 1st stirring process may be returned to the bit array of the data in which coding was made to the error correcting code chemically-modified degree. The 2nd reverse stirring process that stirs and rearranges an order of the inputted data and the error correction decoding process of decoding an error correcting code to the data rearranged at this 2nd reverse stirring process. Based on the same stirring position information as the 1st stirring process, it has the 4th stirring process that stirs and rearranges an order of the data given with the difference value of the data in which \*\*\*\*\* was and decoding was made and the data rearranged at the 2nd reverse stirring process.

[0227] Therefore, the data recording regeneration method concerning this invention. In recording data to a recording medium, at the 1st stirring process, an order of data that coding was made to the error correcting code chemically-modified degree is stirred and rearranged. In reproducing the data which stirs and rearranges an order of data that coding was made to the modulation-code chemically-modified degree at the 2nd stirring process and is recorded on the recording medium, the data which was stirred at the 1st reverse stirring process and rearranged is decoded at an abnormal-conditions decoding process. An order of the data given at the 3rd stirring process with the difference value of the data in which decoding was made at the abnormal-conditions decoding process and the data rearranged at the 1st reverse stirring process is stirred and rearranged. The data which was stirred at the 2nd reverse stirring process and rearranged is decoded at an error correction decoding process. By stirring and rearranging an order of the data given at the 4th stirring process with the difference value of the

data in which decoding was made at the error correction decoding process and the data rearranged at the 2nd reverse stirring process. While becoming possible to realize highly efficient coding, efficient decoding which used \*\*\*\*\* about all the decoding processings to these numerals can be performed and it becomes possible to reduce a decoding error rate substantially.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is a figure explaining the example of input and output in the interleaver which gives interleave by the bitwise applied to the recording system of the magnetic recorder and reproducing device shown as a 1st embodiment of this invention.

[Drawing 2] It is a figure explaining the operation in the interleaver which gives interleave by the bitwise applied to the recording system of the magnetic recorder and reproducing device.

[Drawing 3] It is a figure explaining the example of input and output in the interleaver which gives interleave by the modulation-code block unit applied to the recording system of the magnetic recorder and reproducing device.

[Drawing 4] It is a figure explaining the operation in the interleaver which gives interleave by the modulation-code block unit applied to the recording system of the magnetic recorder and reproducing device.

[Drawing 5] It is a figure explaining the example of input and output in the decoder applied to the reversion system of the magnetic recorder and reproducing device.

[Drawing 6] It is a block diagram explaining the composition of the decoder applied to the reversion system of the magnetic recorder and reproducing device.

[Drawing 7] It is a block diagram explaining the composition of the magnetic recorder and reproducing device.

[Drawing 8] It is a block diagram explaining the channel with which the reversion system of the magnetic recorder and reproducing device is equipped abnormal conditions and the composition of an error correction turbo decoder.

[Drawing 9] (dk) It is a figure explaining the state transition diagram for generating the numerals which fill = (02) restrictions.

[Drawing 10] It is a figure explaining the trellis at the time of carrying out 3 circular voice transition according to the state transition diagram shown in drawing 9.

[Drawing 11] It is a figure explaining the trellis which comprised a trellis shown in drawing 10 by choosing a branch.

[Drawing 12] It is a block diagram explaining the composition of the coding equipment applied to the recording system of the magnetic recorder and reproducing device shown as a 2nd embodiment of this invention.

[Drawing 13] It is a block diagram explaining the composition of the magnetic recorder and reproducing device.

[Drawing 14] It is a block diagram explaining the channel with which the reversion

system of the magnetic recorder and reproducing device is equipped abnormal conditions and the composition of an error correction turbo decoder.

[Drawing 15] It is a figure explaining the example of input and output in the conventional modulation-code-ized machine.

[Drawing 16] It is a block diagram explaining the composition of the conventional modulation decoder.

[Drawing 17] It is a block diagram explaining the composition of other conventional modulation decoders.

[Drawing 18] It is a block diagram explaining the composition of the conventional magnetic recorder and reproducing device.

[Description of Notations]

1020525486 and 91112114136141 Interleaver 30 and 40 A decoder 41<sub>1</sub> 41<sub>2</sub> 41<sub>3</sub> 41<sub>4</sub> 41<sub>5</sub> 41<sub>6</sub> likelihood calculation circuit 50110 A magnetic recorder and reproducing device and a 51111 error-correcting-code-ized machine 53113 A modulation-code-ized machine and 55115 PURIKODA and 64124 Channel Abnormal conditions and an error correction turbo decoder and 70 [ An abnormal-conditions SISO decoder 89139 error-correction \*\*\*\*\* and 100 / Coding equipment ] A recording medium and 81131 A channel SISO decoder 83 and 88133138 Deinterleaver and 84134

---